

CUADERNOS DE EDUCACIÓN

10

Eduardo Martí



APRENDER CON ORDENADORES EN LA ESCUELA

ice
Universitat de Barcelona

HORSORI
EDITORIAL

Títulos publicados

COLECCIÓN CUADERNOS DE EDUCACION

1. **Laura Pla.** - «Enseñar y aprender inglés».
2. **Juana M^a Sancho.** - «Los profesores y el Currículum».
3. **Ángel Marzo y Josep M^a Figueras.** «Educación de Adultos: Situación actual y perspectivas».
4. **Luis del Carmen. Teresa Mauri, Isabel Solé y Antoni Zabala.** «El Currículum en el Centro educativo».
5. **Daniel Gil, Jaime Carrascosa, Carles Furió, Joaquín M. Torregrosa.** «La enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria».
6. **Eduardo Aznar, Anna Cros, Lluís Quintana.** «Coherencia Textual y Lectura».
7. **Ignasi Vila, Joaquim Arnau, J. M^a Serra, Cinta Comet.** «La Educación bilingüe».
8. **Ana Teberosky.** «Aprendiendo a escribir».
9. **José Escaño, María Gil.** «Cómo se aprende y cómo se enseña».
10. **Eduardo Martí.** - «Aprender con ordenadores en la escuela».

Títulos en preparación

11. **Enric Valls.** - «Los procedimientos: Aprendizaje, Enseñanza y Evaluación».
12. **Serafí Antunez.** - «Organización y funcionamiento de Centros».

ice

Universitat de Barcelona

HORSORI
EDITORIAL

CUADERNOS DE EDUCACIÓN

10

EDUARDO MARTÍ

APRENDER CON ORDENADORES EN LA ESCUELA

ICE - HORSORI

Universitat de Barcelona

Consejo de Redacción: Serafín Antúnez, José M. Bermudo, César Coll,
Iñaki Echevarría, Francesc Segú.

Primera Edición: Diciembre 1992

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización de los titulares del «Copyright», bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

I.C.E. Universitat Barcelona. c/ Dels Àngels, 18 (08001) Barcelona.

Editorial Horsori. Apart. 22.224 (08080) Barcelona.

© Eduardo Martí

© I.C.E. Universitat Barcelona - © Editorial Horsori

Diseño: Clemente Mateo

Depósito Legal: B.42.513-1992

I.S.B.N.: 84-85840-19-4

Impreso en España

Libergraf, S.A., Constitució, 19 - 08014 Barcelona

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
SECCIÓN I. INFORMÁTICA, PSICOLOGÍA COGNITIVA Y APRENDIZAJE	
CAPÍTULO 1. EL PECULIAR MEDIO INFORMÁTICO	
1.1. Los ordenadores como vehículos de un nuevo medio simbólico	18
1.2. Principales características del medio informático	21
(a) Medio simbólico y formal	21
(b) Medio dinámico	24
(c) Integración de diferentes notaciones simbólicas	25
(d) Integración de aspectos procedimentales y declarativos del conocimiento. Situación de resolución de problemas	27
(e) Interactividad	29
1.3. Multifuncionalidad de los ordenadores.....	32
CAPÍTULO 2. IMPACTO DE LA UTILIZACIÓN DE LOS ORDENADORES EN EL COMPORTAMIENTO	
2.1. Resultados de los estudios evaluativos.....	43
2.2. El análisis de las interacciones Sujeto - Ordenador	49
2.2.1. Estudio cognitivo de las actividades de progra- mación	49
2.2.2. La edad y el ámbito en el que se programa	53
2.3. ¿En qué condiciones aprenden a programar los alumnos?	57

CAPÍTULO 3. TEORÍAS DEL APRENDIZAJE Y UTILIZACIÓN EDUCATIVA DE LOS ORDENADORES (I)

3.1. La tradición conductista: transmisión de conocimientos	64
3.1.1. Concepción del aprendizaje.....	64
3.1.2. La enseñanza asistida por ordenadores: EAO de práctica y ejercitación.....	66
3.2. El procesamiento de la información y la Inteligencia Artificial: modelizar la actividad del alumno	71
3.2.1. Concepción del aprendizaje.....	72
3.2.2. Sistemas inteligentes de enseñanza asistida por ordenador (IEAO).....	74

CAPÍTULO 4. TEORÍAS DEL APRENDIZAJE Y UTILIZACIÓN EDUCATIVA DE LOS ORDENADORES (II)

4.1. La síntesis de la Inteligencia Artificial y de la epistemología genética propuesta por Papert: explotación y descubrimiento	81
4.1.1. Concepción del aprendizaje.....	82
4.1.2. Micromundos LOGO: objetos para pensar	85
4.2. Constructivismo y mediación: utilizar las potencialidades de los ordenadores en un contexto escolar significativo	93
4.2.1. Concepción del aprendizaje: constructivismo y mediación.....	94
4.2.1.1. Constructivismo y psicología de la instrucción	94
4.2.1.2. Mediación	97
4.2.2. Entornos informáticos para el aprendizaje de contenidos escolares	99

SECCIÓN II. APLICACIONES EDUCATIVAS

CAPÍTULO 5. INTRODUCCIÓN DE LA INFORMÁTICA EN UN CONTEXTO EDUCATIVO

5.1. ¿Cómo está contemplada la informática en los documentos sobre la Reforma del Sistema Educativo?.....	113
5.1.1. Objetivos generales.....	114
5.1.2. Educación Primaria (6-12 años)	115
5.1.3. Educación Secundaria (12-16 años).....	119
5.2. Dimensiones de análisis en la utilización educativa de los ordenadores	125

5.2.1. La función educativa de la informática en el interior del currículum	126
5.2.2. La formación de profesores	131
5.2.3. La diversidad de "software" educativos	133

CAPÍTULO 6. INFORMÁTICA Y APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS

6.1. Experiencia matemática y ordenadores	141
(a) Situación de resolución de problemas: interactividad y motivación intrínseca	143
(b) Comunicación entre alumnos, y entre alumnos y profesores	144
(c) Manipulación de signos	145
(d) Correspondencia entre diferentes sistemas simbólicos	146
(e) Aspectos declarativos, aspectos procedimentales	147
6.2. Micromundos para el aprendizaje de las matemáticas	149

CAPÍTULO 7. APRENDER A LEER Y A ESCRIBIR CON EL ORDENADOR

7.1. Lectura, escritura e informática	164
(a) Toma de conciencia de algunas características básicas del sistema alfabético	164
(b) El ordenador asume una parte de las acciones básicas de escritura	165
(c) Relación entre la lectura y la escritura	167
(d) Combinar dos sistemas notacionales: la escritura y el sistema icónico	167
(e) La escritura como situación de resolución de problemas	168
(f) Tareas colaborativas	171
7.2. Tratamiento de texto y Micromundos lingüísticos	172

CAPÍTULO 8. SIMULACIÓN Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

8.1. Experiencia científica y ordenadores	188
8.1.1. Simulación y modelización	188
(a) Artificial y accesible	189
(b) Interactividad y control	190
(c) Sistema dinámico	192
(d) Integración de diferentes modos de representación	192
8.1.2. Procedimientos para tratar la información	193
8.2. Micromundos para el aprendizaje de las ciencias	194

CAPÍTULO 9. ORDENADORES AL SERVICIO DE LA EDUCACIÓN ESPECIAL

9.1. La informática en la educación especial	206
(a) Potenciar situaciones interactivas de aprendizaje ...	207
(b) Medio de expresión y de control del entorno	209
(c) Potenciar situaciones de interacción social	211
(d) Incidencia en factores afectivos y motivacionales ...	212
9.2. Micromundos para la educación especial	213

CAPÍTULO 10. SI QUIERES UTILIZAR LOS ORDENADORES EN EL AULA...

ANEXO. CUATRO PROYECTOS DE APLICACIÓN DE LA INFORMÁTICA EN LA ESCUELA

I. Proyecto Atenea del Ministerio de Educación y Ciencia	233
II. Programa de Informática Educativa de la Generalitat de Catalunya	238
III. Programa de Educación en la Informática del Ayuntamiento de Barcelona	243
IV. Introducción de la informática en las escuelas públicas de Ginebra (Suiza), nivel Secundario obligatorio	246

GLOSARIO	251
-----------------------	-----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	263
---	-----

INTRODUCCIÓN

Los ordenadores están cambiando nuestras vidas, nuestros hábitos. Escribir utilizando un tratamiento de textos no es lo mismo que escribir a mano o con la ayuda de una máquina de escribir. La posibilidad de utilizar el correo electrónico nos abre nuevas perspectivas en la comunicación y transmisión de informaciones. Podemos consultar bases de datos cada vez más complejas y bien estructuradas. Los satélites nos predicen con más fidelidad que antes el tiempo que tendremos los próximos días. Podemos comprar desde nuestros hogares.... Éstas y otras muchas posibilidades que cada uno puede imaginar pueden parecernos inútiles o hasta perniciosas. Es sin embargo innegable que van formando parte de nuestros hábitos y transforman nuestra manera de actuar, de comunicar, de buscar información y hasta de pensar.

Los ordenadores raras veces nos dejan indiferentes. La obsesión que tienen algunos niños por los videojuegos puede irritarnos, como puede fascinarnos la capacidad que tienen los ordenadores de almacenar y explorar imágenes dinámicas. Quizás nos revoltemos ante el control que puede llegar a tener la Administración sobre informaciones que nos conciernen y que limitan nuestra libertades o quizás estemos muy satisfechos de la ayuda racional que nos ha aportado el ordenador personal en nuestro trabajo. Es posible que despreciemos la rigidez del ordenador cuando perdemos todas las informaciones introducidas en él tras efectuar una instrucción equivocada, aunque es probable que reconozcamos su interés en el diagnóstico médico.

El ordenador, aunque de manera muy paulatina, también va entrando en el ámbito educativo creando expectativas y reacciones muy

diversas. Son muchos los centros que utilizan ordenadores, son numerosos los proyectos educativos que contemplan una progresiva utilización de los ordenadores en la práctica educativa y cada vez son más numerosos los alumnos y los profesores que están acostumbrados a utilizar el ordenador como medio didáctico. Pero los interrogantes son aún muy numerosos. ¿De qué forma se han de introducir los ordenadores en las escuelas para garantizar su buena integración en la práctica educativa? ¿Modifica el uso de los ordenadores la manera de aprender y de enseñar? ¿Cómo combinar las tareas informáticas con las tareas tradicionales que no utilizan el ordenador? ¿Cambia el papel del profesor cuando se utilizan las nuevas tecnologías? ¿Es mejor utilizar programas cerrados y bien estructurados que permiten el repaso y la adquisición de destrezas básicas o utilizar programas más abiertos que ofrecen mayor margen de iniciativa al alumno?

Este libro trata de estas y otras cuestiones relativas a la utilización de los ordenadores en la práctica educativa. Como el lector verá (si ha sobrevivido al aturdimiento de tantas preguntas y aún tiene ánimos para seguir la lectura) muchas de estas preguntas reciben respuestas precisas a la luz de los resultados de los estudios realizados estos últimos 15 años. Otras, por su complejidad continúan sin una respuesta definitiva. Sería efectivamente muy pretencioso ofrecer un panorama claro y definitivo sobre la temática que nos ocupa considerando la relativa novedad de la cuestión (contamos tan sólo con unos 15 años de experiencias y de estudios empíricos sobre la utilización educativa de la informática) y considerando también la complejidad de un balance que implica numerosos niveles de análisis: desde la consideración del tipo de programas informáticos que se están utilizando, hasta el cambio de organización curricular que puede suponer la integración de la informática, hasta cuestiones concretas de planificación escolar relativas a la ubicación y mantenimiento de los ordenadores pasando por el tipo de tareas más adaptadas para aprovechar las potencialidades del ordenador o por la necesidad de definir los objetivos curriculares antes de introducir el ordenador en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Lo que hemos pretendido tan sólo con este libro es ofrecer una reflexión sobre cómo se podrían integrar los ordenadores en la práctica educativa y sobre cómo esta utilización del ordenador como medio didáctico cambia el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Estamos convencidos de que una utilización educativa que saque partido de las potencialidades de la informática modificará sustancialmente la manera de aprender y de enseñar. Precisar con exactitud qué tipo de situaciones y en qué circunstancias se logra aprovechar las posibilidades de los ordenadores en un contexto escolar es, repítamelo, una tarea difícil. El lector encontrará en las páginas de este

trabajo algunas propuestas y algunos ejemplos que pueden servir como referencias para una utilización innovadora de la informática en el contexto escolar. Estas propuestas, evidentemente, no son las únicas que se pueden formular sobre la cuestión. Están basadas en algunos postulados teóricos y metodológicos que las fundamentan y que quisiéramos enunciar brevemente.

Una reflexión sobre la utilización de los ordenadores en la educación necesita fundarse en una teoría (o en una serie de principios teóricos) psicoeducativa sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje. La manera de utilizar los ordenadores en la práctica educativa (como veremos en los capítulos 3 y 4) puede ser muy diferente según la concepción que se tenga de la enseñanza y del aprendizaje, concepción que depende del marco teórico de referencia. El nuestro podría denominarse constructivismo mediacional. Adopta las principales tesis del constructivismo piagetiano en lo que se refiere al modelo de funcionamiento individual del conocimiento, pero integra también una doble tesis referente a la mediación que señala la importancia del medio simbólico que sirve para mediatizar el conocimiento y también la importancia de la mediación del conocimiento realizada por otras personas (profesor y alumnos). La necesidad de ampliar las tesis constructivistas de la psicología genética se hace patente cuando se considera, por un lado, el papel determinante que tienen los contenidos específicos de aprendizaje, papel desestimado por Piaget, y que muchos estudios desde la psicología cognitiva y de la psicología de la instrucción han puesto de manifiesto estos últimos años; pero la necesidad de ampliar las tesis piagetianas se hace también patente, por otro lado, cuando se pasa de una descripción universal y descontextualizada de la adquisición del conocimiento (la que nos hace Piaget) a descripciones que han de tomar en cuenta la dinámica interpersonal presente en cualquier situación educativa (la que nos ofrecen autores de tradición vygotskiana). Por estas razones, los elementos esenciales presentes en la situación educativa entre los que se establecen complejos procesos interactivos son en nuestro caso 4: el alumno, el ordenador, la tarea y el profesor (y en algunos casos los otros alumnos). Somos conscientes de que, a su vez, estas relaciones se insertan en un contexto educativo más amplio que puede incidir de manera decisiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo hemos puesto nuestro énfasis en el proceso mismo de enseñanza-aprendizaje (desestimando muchas veces el contexto escolar más amplio) y prioritariamente en las interacciones alumno-ordenador (desestimando algunas veces el papel del profesor, de los otros alumnos o del tipo de tareas). A estas limitaciones tenemos que añadir que nuestro análisis es sobre todo cognitivo. Nos hemos interesado prioritariamente, en los procesos cognitivos presentes, en el proceso de enseñanza-aprendizaje con

ordenadores y sólo hemos hecho referencia a otro tipo de procesos (sociales, afectivos) de manera secundaria.

El libro consta de dos secciones.

La primera es un análisis psico-cognitivo del medio informático y de sus repercusiones en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

En el capítulo primero, se señalan las características del medio informático que lo convierten en un medio simbólico nuevo (diferente del medio lingüístico, icónico o matemático) con notables potenciales para modificar la práctica educativa. En el capítulo 2, presentamos una revisión de los principales trabajos interesados en analizar y evaluar de qué forma la interacción con ordenadores incide sobre los procesos cognitivos y sobre el aprendizaje. Los capítulos 3 y 4, están dedicados a presentar las teorías principales que fundamentan la mayoría de usos educativos del ordenador (conductismo, procesamiento de la información, inteligencia artificial, psicología genética y teorías de la mediación) así como los programas y entornos informáticos que cada una de ellas propone.

La segunda sección aborda, a un nivel más aplicado, la utilización de la informática en un contexto escolar.

En el capítulo 5, partimos del análisis de los Documentos de la Reforma del Sistema educativo español para identificar las dimensiones esenciales que se deben contemplar en cualquier proyecto de aplicación de la informática en el contexto escolar. Los capítulos 6, 7 y 8, están dedicados a analizar el potencial y el uso de los ordenadores en tres ámbitos esenciales del currículum: el de las matemáticas, el del lenguaje y el de las ciencias. El capítulo 9, trata a su vez de la utilidad de los ordenadores para alumnos con necesidades educativas especiales. En cada uno de estos capítulos presentamos una serie de entornos informáticos concretos que pueden servir de ilustración y de referencia para aplicaciones posibles. En el capítulo 10, y a modo de conclusión, proponemos un decálogo que recoge algunas de las recomendaciones que nos parecen esenciales cuando se aborda la cuestión de la utilización de los ordenadores en el contexto escolar.

Un Anexo describe cuatro proyectos de aplicación de la informática en el contexto escolar (el del Ministerio de Educación y Ciencia, el de la Generalitat de Cataluña, el del Ayuntamiento de Barcelona y el de las escuelas públicas del cantón de Ginebra a nivel secundario obligatorio).

Un Glosario recoge y define los términos principales relativos al ámbito de la informática que aparecen en el libro.

La actividad de escritura, aparentemente muy solitaria, está constantemente acompañada por la presencia de otras personas que física, mental o afectivamente están ahí para hacer posible la continuidad del trabajo. La redacción de este libro no ha sido, en este sentido, ninguna excepción. Pienso, con gratitud, en todas estas personas, algunas de las cuales poco tienen que ver con la psicología y los ordenadores.

Agradezco a César Coll el haberme propuesto la redacción de este libro. Sin su confianza algunas de las ideas que he intentado plasmar en estas páginas estarían aún corriendo desordenadas en mi cabeza. La ayuda de Nandi Cabezas (Instituto Municipal de Educación del Ayuntamiento de Barcelona) ha sido siempre constante y me ha procurado múltiples informaciones y materiales de gran valor para mi trabajo. Agradezco su enorme disponibilidad. El entusiasmo y la profesionalidad que he encontrado en los miembros del PIE (Proyecto de Informática Educativa de la Generalitat de Cataluña) han sido un elemento motivador para mi trabajo. Ana Teberosky, implicada como yo en la redacción de un libro en esta misma colección, me ha dado la posibilidad de compartir de manera generosa y paciente los momentos de incertidumbre que siempre aparecen cuando se está realizando un trabajo que por momentos parece inacabable. Le agradezco esta compañía así como sus juiciosos comentarios tras la lectura del capítulo 7. Agradezco también a mi ordenador el hecho de haber soportado estoicamente el peso de mi redacción.

SECCIÓN I.
INFORMÁTICA, PSICOLOGÍA
COGNITIVA Y APRENDIZAJE

CAPÍTULO 1

EL PECULIAR MEDIO INFORMÁTICO

Una de las características esenciales de la conducta humana es la utilización de diferentes medios que la prolongan y a la vez la modifican. Las herramientas (objetos materiales de diferente utilidad y complejidad) nos ayudan a obtener resultados que no obtendríamos sin ellas, y a la vez transforman la naturaleza de nuestras acciones. Nuestros sentidos se ven prolongados por creaciones técnicas como el micrófono, el teléfono, la radio, el microscopio, la fotografía, el cine o la televisión que transforman el procesamiento que hacemos de las informaciones y que transforman también nuestras capacidades comunicativas. Pero son sobre todo los medios simbólicos los que han transformado de manera más radical las actividades humanas (Bruner, 1966; Cassirer, 1944; Goodman, 1978; Olson, 1976; Pea, 1987; Vygotsky, 1979). La utilización del lenguaje (oral y escrito), así como de otros medios de simbolización como los gestos, las imágenes, la notación musical o la notación matemática son parte inherente de las conductas humanas y representan un avance espectacular en el desarrollo de las especies animales al liberar la conducta del aquí y ahora (permiten actuar sobre los representantes de la realidad y no sobre la realidad misma), al ofrecer por esto inimaginables posibilidades de combinación y, por tanto, nuevas creaciones, y al permitir una transmisión cultural (y no sólo biológica) de una generación a otra. Estos medios simbólicos pueden considerarse verdaderas herramientas cognitivas pues trascienden las limitaciones de procesamiento humano (como la carga atencional y la memoria a corto plazo); además, al dejar trazos externos (diferentes producciones escritas o diferentes símbolos matemáticos por ejemplo) de las transformaciones que el sujeto está realizando, facilitan la conservación, reflexión y tratamiento de estos productos y contribuyen a que el aprendizaje, el razonamiento y

otros procesos cognitivos se modifiquen. Dichas posibilidades simbólicas pueden, a su vez, ser transformadas (para su almacenamiento, tratamiento y transmisión) con la ayuda de diferentes medios técnicos y soportes que han ido evolucionando a lo largo de la historia; pensemos por ejemplo en las nuevas posibilidades aportadas por la impresión escrita (papiro, papel, imprenta), el telégrafo, la fotografía, la radio, o los medios audiovisuales y no nos será difícil adivinar los cambios importantes producidos por la utilización de estas técnicas en la conducta humana.

1.1. Los ordenadores como vehículos de un nuevo medio simbólico

Los ordenadores se añaden a esta lista como la última creación tecnológica que da soporte a una nueva manera de tratar la información. En efecto, los ordenadores son máquinas que permiten tratar información (recibirla, almacenarla, transformarla y emitirla) a través de la manipulación de símbolos: ejecutan operaciones básicas en estrecha correspondencia con un código simbólico (el lenguaje que entiende el ordenador) y dichas operaciones pueden referirse a todo tipo de símbolos (lingüísticos, matemáticos, icónicos) (1). Si pensamos en algunas de las utilidades más corrientes de los ordenadores (procesador de texto, hoja de cálculo o simplemente un videojuego), nos damos cuenta de que el usuario puede entrar o seleccionar informaciones simbólicas de diferente índole (principalmente símbolos lingüísticos, matemáticos e icónicos) a través del teclado, del ratón o de un lápiz óptico; el ordenador procesa, almacena y transforma estas informaciones y luego hace manifiesto el resultado de estas operaciones en la pantalla. El usuario está tratando con símbolos. Desde esta perspectiva, podemos considerar a los ordenadores como instrumentos que procesan y utilizan de una manera peculiar diferentes símbolos (enactivos, lingüísticos —auditivos y escritos—, numéricos, algebraicos, icónicos) creando de esta manera un medio único, el medio informático. Este medio posee ciertas características que lo diferencian de otros medios: el dibujo y la pintura (símbolos icónicos), el ballet y el juego simbólico (acciones), el lenguaje oral (símbolos lingüísticos orales), el lenguaje escrito (símbolos lingüísticos escritos), la radio (que trata mensajes orales), el cine, la televisión y los sistemas audiovisuales (símbolos icónicos en movimiento). Vemos que muchos de estos medios están constituidos por un sistema (o varios sistemas según los casos) de símbolos y (a veces) por instrumentos técnicos que permiten su concretización. Estos instrumentos pueden ser más o menos sofisticados: papel, lápiz, pizarra, tiza, pintura, tela, radio, cine, televisión, ordenadores, etc.

Cuadro I

Algunos medios simbólicos, con el tipo de símbolos que trata y los instrumentos técnicos que permiten su concretización

<i>Medios simbólicos</i>	<i>Tipo de símbolos</i>	<i>Soportes</i>
Ballet	Acciones simbólicas	—
Lenguaje oral	Símbolos lingüísticos orales	—
Lenguaje escrito	Símbolos lingüísticos escritos	papel, lápiz, etc.
Mapas	Símbolos icónicos	papel, lápiz, etc.
Matemáticas	Símbolos matemáticos	papel, lápiz, etc.
Música	Símbolos musicales	papel, lápiz, etc.
Radiofónico	Símbolos sonoros	radio
Audiovisual	Símbolos sonoros, icónicos	cine, vídeo
Informático	Símbolos sonoros, icónicos, matemáticos, lingüísticos, etc	ordenadores

Aunque es cierto que muchos de los medios simbólicos citados combinan varios tipos de símbolos (pensemos por ejemplo que la notación matemática requiere tanto símbolos lingüísticos o icónicos como los específicamente matemáticos), uno de los rasgos que podemos destacar cuando comparamos el medio informático con otros medios simbólicos es su capacidad de expresar, manipular y combinar cualquier tipo de símbolos. Por esto, algunos autores califican la informática de «meta-medio» (medio que combina otros medios) (Kay, 1984).

Pero el tipo de símbolos que componen un medio simbólico (lingüísticos, icónicos, acciones, matemáticos, etc.) es tan sólo un aspecto del medio simbólico en cuestión. No hay que olvidar que los símbolos (estén expresados de la forma que estén) remiten a otra realidad (el dominio de referencia simbolizado) y que es esta relación con otra realidad la que les da el poder de significación que tienen (2). Un ballet nos conmueve y es significativo porque es capaz de expresar y comunicarnos sentimientos y situaciones variadas; un mapa es útil y significativo porque remite a una realidad espacial cuyas propiedades encontramos representadas de manera gráfica; una notación matemática nos permite representar y calcular dimensiones variadas de la realidad (propiedades numéricas, geométricas) que serían difíciles de

abordar sin la ayuda de las matemáticas; una escena cinematográfica representa otro aspecto de la realidad enfatizando los aspectos espaciales, temporales, cinéticos y lingüísticos (si la película no es muda). Pero además de esta relación del símbolo con la realidad que simboliza, no hay que olvidar las reglas que rigen la articulación y la combinación de los símbolos entre sí, reglas que hacen que podamos hablar verdaderamente de sistemas de símbolos, cada uno con su organización peculiar. Las reglas (a veces, tomando el lenguaje como modelo se habla de «sintaxis») que rigen el ballet son distintas de las que rigen las matemáticas, el lenguaje o el cine, y estas reglas regulan también el poder de significación de los diferentes símbolos. Así, la distancia entre los diferentes símbolos de un mapa remite a una distancia en escala de la realidad representada, mientras que la distancia entre las diferentes palabras, frases o párrafos en un texto escrito tiene un papel importante pero distinto que en los mapas, pues señala una segmentación entre unidades; del mismo modo, las relaciones de sucesión temporal de letras y palabras en el lenguaje oral y escrito imponen ciertas características al mensaje lingüístico que no posee la imagen estática (dibujo por ejemplo) dominada por relaciones espaciales (el orden en el que se ha ejecutado el dibujo no es pertinente). Recordemos que estas relaciones se apoyan muchas veces en dispositivos técnicos como en el caso del medio informático.

Cuando hablamos de medio simbólico tenemos pues que distinguir cuatro componentes indisociables, componentes que varían de un medio simbólico a otro: el tipo de símbolos, el dominio simbolizado, las relaciones entre ambos y las reglas que rigen la combinación entre símbolos (que determinan las relaciones entre símbolos y realidad simbolizada). Por todas estas razones, la utilización de un medio simbólico representa la realidad de un modo distinto a como lo hace la utilización de otro medio simbólico diferente. Cada medio enfatiza ciertas dimensiones o relaciones de la realidad y permite también un tratamiento distinto de esta realidad. No es pues indiferente utilizar uno u otro medio simbólico para el conocimiento de la realidad. Cada uno aporta sus ventajas y sus limitaciones en relación a la tarea que queramos emprender; y cada uno solicita también diferentes procesos cognitivos y diferentes maneras de tratar la información. Sería tan absurdo utilizar únicamente una descripción verbal para explicar a alguien la situación exacta de varias ciudades europeas pudiendo hacer un dibujo o emplear un mapa, como utilizar una representación gráfica o gestual para especificar los resultados de una transacción comercial pudiendo calcularla aritméticamente. Por otro lado, sería improbable que la comprensión de un mapa pusiese en juego el mismo tipo de procesos cognitivos que la comprensión de un relato oral, o que el tratamiento de la información que requiere un cálculo utili-

zando la notación matemática decimal fuese el mismo que el que requiere el mismo cálculo utilizando una notación menos elaborada.

1.2. Principales características del medio informático

Si aceptamos pues que el conocimiento de la realidad viene mediatizado por diferentes medios simbólicos, y que debido a sus características intrínsecas y a su relación con la realidad simbolizada cada medio nos ofrece una representación y una posibilidad de tratamiento diferente de la realidad, no nos será difícil aceptar que el hecho de analizar con precisión las dimensiones típicas del medio informático comparándolo con otros medios simbólicos nos puede ayudar a la hora de plantearnos la cuestión de la utilización educativa de los ordenadores y del eventual cambio que pueden aportar en el aprendizaje. Este planteamiento es compartido por diferentes autores que han analizado estos últimos años la interacción que se establece entre los procesos cognitivos del sujeto y diferentes medios simbólicos (escritura, televisión, radio, mapas, etc.) que se le presentan en determinadas tareas (3). Nos basaremos en algunos de estos trabajos para mostrar las características específicas del medio informático así como el tipo de actividades que este medio solicita por parte de los sujetos cuando lo comparamos con otros medios simbólicos, dejando para más adelante (ver capítulo 2) la cuestión más específica del impacto de la utilización de los ordenadores en los procesos cognitivos.

Estas características tomadas una a una pertenecen a muchos de los medios simbólicos no informáticos. Es su presencia simultánea que hace del medio informático un medio único que nos ofrece un conocimiento peculiar de la realidad y que solicita cierto tipo de actividades por parte de los sujetos que lo utilizan.

a) Medio simbólico y formal

Como ya hemos indicado, el medio informático comparte con los otros medios simbólicos el hecho de que sus unidades remiten a otra realidad y esta referencia se establece mediante reglas precisas que articulan estos símbolos. Estas propiedades se ponen sobre todo de manifiesto en las actividades de programación cuando los sujetos han de comunicar con los ordenadores empleando un lenguaje determinado (BASIC, LOGO, LISP, etc.) que tiene sus símbolos específicos y sus reglas de combinación. La máquina ejecutará las instrucciones sólo cuando estén formuladas de manera adecuada, con las palabras y la sintaxis apropiadas. La obtención de cualquier objetivo (lograr que el ordenador calcule la suma de dos números, que ejecute una figura geométrica, que simule la trayectoria de un proyectil, que invierta el

orden de las palabras de una frase, etc.) sólo se logra empleando los símbolos y articulándolos según las reglas que rigen el lenguaje de programación escogido. Esta precisión es común a otros medios simbólicos como el dibujo, los mapas, la escritura o las matemáticas que exigen también la expresión adecuada de ciertos símbolos y ciertas reglas de composición sin las cuales el mensaje no es aceptable (es ambiguo para el locutor —en el caso de un mensaje escrito— o no representa con precisión lo que busca representar —en el caso de un mapa o un dibujo— o no es adecuado para calcular lo que se quiere calcular con él —en el caso de una fórmula matemática—). Pero con el medio informático (como pasa también con medios totalmente definidos como las matemáticas o el lenguaje Morse) esta precisión es total y no acepta aproximaciones: un pequeño error en las reglas, por mínimo que sea, incapacita al ordenador para ejecutar las instrucciones, y el resultado es nulo. Si, por ejemplo, utilizamos el lenguaje LOGO en su modalidad gráfica y queremos realizar un árbol, hemos de formular nuestras instrucciones con las unidades adecuadas (por ejemplo utilizando ADELANTE de cierto número de pasos, ATRÁS de cierto número de pasos, REPITE cierto número de veces las instrucciones que siguen, etc.) y escribirlas siguiendo las reglas precisas del lenguaje LOGO (por ejemplo dejando un espacio entre ADELANTE y el número de pasos que escogemos, indicando el número de veces que repetimos ciertas instrucciones antes de señalar las instrucciones que queremos repetir, etc.). Cualquier error en la escritura de este programa, por pequeño que nos parezca, incapacita a la máquina para ejecutar nuestro programa (4).

Este rigor que exige la comunicación con la máquina puede deses- perar a más de un alumno que tenga dificultades en el aprendizaje de un nuevo código y que vea que sus tentativas se ven frustradas por errores de interpretación del significado de las unidades del lenguaje de programación o de la utilización inadecuada de su sintaxis (¡qué tonta es la máquina!, pensamos cuando ésta no hace lo que queríamos que hiciera). Puede ser también, como ocurre con las matemáticas, la ocasión para favorecer un tipo de actividades que requieren un alto grado de precisión y planificación.

El lector pensará que las actividades de programación son sólo una pequeña parte de lo que se puede hacer con los ordenadores y que los alumnos pueden tener acceso a lo ordenadores mediante códigos más sencillos (pensemos en algunas utilidades conocidas como el procesamiento de texto, o en algunos programas didácticos sencillos en los que se han de escoger o escribir ciertas informaciones o simplemente en algún videojuego). Como veremos en el apartado siguiente esto es cierto; las actividades de programación son sólo una de las po-

sibles maneras de utilizar el ordenador. Pensemos también que la tendencia de los diseñadores de lenguajes de programación y de programas utilitarios y didácticos es la de conseguir que la comunicación con la máquina sea cada vez más fácil para el usuario y más cercana a lenguajes que ya domina. Así y todo, la interacción con el ordenador no admite un código aproximativo. Aunque los programas utilitarios o los programas didácticos se simplifiquen con la introducción de técnicas como la representación icónica (un símbolo icónico representa determinada función que puede ejecutar la máquina), la elección de opciones de un menú, cuyas alternativas están escritas, la utilización de un ratón (que permite desplazar el cursor de la pantalla y elegir diferentes funciones) o el lápiz óptico (que permite, por contacto directo con la pantalla, una elección de alguna de las opciones que figuran representadas), la interacción con los ordenadores se basa siempre en una correspondencia precisa entre una acción y un resultado (cada vez que elijamos la opción «borrar» en un procesamiento de texto, pongamos por caso, el ordenador nos borrará la parte del texto que hayamos escogido), y exige también un orden determinado en la articulación de las órdenes. Siguiendo con nuestro ejemplo, para borrar una parte del texto escrito que tengo en la pantalla he de ejecutar las acciones siguientes: situar el cursor al inicio del fragmento, situarlo al final, elegir entonces este fragmento, consultar uno de los menús, escoger la opción «borrar». Estas acciones han de ser planificadas y ejecutadas en este orden para que la función de borrar se realice. Señalemos también que en todos estos casos la interacción con el ordenador exige una manipulación de símbolos; estos símbolos resultan más o menos conocidos y accesibles según los casos. Son totalmente nuevos y con un significado ligado al lenguaje de programación cuando programamos; son símbolos (lingüísticos, icónicos o matemáticos) más familiares y de significado más transparente cuando utilizamos, por ejemplo, algún programa utilitario, algún programa didáctico o algún videojuego.

Con los ordenadores el alumno se confronta pues necesariamente a un tipo de tareas que exigen la manipulación de símbolos: lograr cualquier objetivo requiere una mediatización simbólica. La gran riqueza cognitiva que ofrece esta característica tiene una contrapartida: las actividades con el ordenador nunca exigen una participación directa del cuerpo del alumno y de sus movimientos. A diferencia de las tareas que requieren una manipulación efectiva de objetos y a través de las cuales el alumno puede iniciar el aprendizaje de operaciones y conceptos variados (matemáticos, físicos, biológicos, etc.) las tareas con el ordenador no requieren más que acciones efectivas elementales (apretar una tecla, señalar un punto con el lápiz óptico, arrastrar el ratón). El cuerpo, el movimiento y las acciones efectivas

sobre los objetos son pues los grandes ausentes en la interacción con el ordenador. Imaginando que los ordenadores fuesen la única vía de aprendizaje (algo que no deseamos para ningún alumno), esta ausencia del cuerpo no es tan sólo una desventaja para el desarrollo sensorial y motor del alumno. Si aceptamos, siguiendo a Piaget, que la cognición toma sus raíces en la acción efectiva, es entonces innegable que los ordenadores proponen tareas simbólicas que no solicitan directamente acciones sensoriomotoras elaboradas. Esta ausencia es importante sobre todo si pensamos en aprendizajes básicos realizados por niños de poca edad en los que la acción efectiva (con sus propiedades de ritmo, duración, orden, forma) tiene aún una importancia decisiva.

b) Medio dinámico

El medio informático permite el despliegue, en tiempo real, de un proceso en el que van cambiando diferentes parámetros. Estos cambios pueden ser de orden perceptivo, espacial y cinético (luz, color, espacio, movimiento, profundidad, sonido) y obtenemos entonces escenas audiovisuales variadas que asemejan el medio informático al medio audiovisual; pensemos, por ejemplo, en las simulaciones de fenómenos físicos donde es posible seguir toda clase de transformaciones espaciales y cinéticas. Los cambios pueden ser también más abstractos, de orden cognitivo; en este caso el ordenador nos ofrece el despliegue y la transformación de una serie de operaciones lógicas. Pensemos, por ejemplo, en la posibilidad de simular, a través del ordenador, los procesos de resolución de problemas en los que el ordenador va operando y ejecutando los pasos intermedios necesarios para llegar a una solución determinada. En ambos casos, la propiedad esencial es el dinamismo, es decir, la capacidad de dar cuenta de los cambios de ciertos parámetros que tienen lugar a lo largo del tiempo.

El carácter dinámico del medio informático contrasta con el carácter estático de otros medios como la imagen (fotografía, dibujo) o la escritura, y lo asemeja a otros medios dinámicos como el audiovisual o aquellos que utilizan las acciones (ballet por ejemplo). Esto no excluye que estos medios estáticos, para su utilización y comprensión, requieran procesos psicológicos dinámicos: tanto la interpretación de imágenes como las actividades de lectura y escritura exigen complejos procesos psicológicos en los que la actividad del sujeto es una pieza fundamental. Pero estos medios no son tan adecuados para representar procesos dinámicos cuyos parámetros van cambiando e interactuando con el paso del tiempo. Ser capaz de seguir y entender, por ejemplo, el movimiento de una órbita cuando se representa por escrito o con imágenes estáticas parece una tarea mucho más difícil

que hacerlo cuando se utiliza el dinamismo de la imagen y de la notación simbólica ofrecido por los ordenadores. En este último caso las relaciones dinámicas entre los parámetros que cambian (traslación, rotación, distancia relativa a otros planetas, movimientos relativos entre diferentes planetas) pueden ser seguidos con más precisión y claridad.

Este dinamismo de la imagen presente en el medio informático es también uno de los elementos centrales del medio televisivo; y aunque los ordenadores van más allá de la televisión en el tratamiento de la información visual y auditiva y aunque algunos aspectos, que enseñada trataremos, del medio informático están ausentes en el medio audiovisual, es innegable que la imagen es uno de los componentes básicos del medio informático. Por esto es importante conocer, aunque sea de manera sintética, los resultados de los estudios que señalan la particularidad del medio televisivo y su influencia en los procesos mentales de los niños. Algunos estudios muestran precisamente el tipo de procesos mentales requeridos para el seguimiento y comprensión de la información televisiva, entre los que destacan: capacidades espaciales (localización, cambios de perspectiva, relación partes/todo), percepción y tratamiento del movimiento, tratamiento del orden y del encadenamiento de sucesos, menor exigencia a la hora de elaborar imágenes mentales. Estos estudios señalan la adecuación de este medio para representar y comunicar algunos aspectos de la realidad (aquellos por ejemplo que implican el dinamismo de la imagen y aspectos espaciales y cinéticos elaborados), así como la mayor pertinencia de otros medios (como la radio o el medio escrito) para representar y comunicar otros aspectos de la realidad (Bryant & Anderson, 1983; Gibbons, Anderson, Smith, Field & Fischer, 1986; Greenfield, 1984; Meringoff, 1980; Salomon & Cohen, 1977; Salomon & Leigh, 1984). Algunos estudios realizados en torno a los ordenadores enfatizan también la importancia de los aspectos visuo-espaciales, no sólo en actividades (como la manipulación de videojuegos, la simulación de fenómenos físicos o la programación LOGO en su micromundo de la geometría de la tortuga) que recogen de manera evidente aspectos visuales y espaciales, sino también en otras aplicaciones como el procesamiento de texto. Uno de estos estudios (citado en Greenfield, 1987) pone de manifiesto que la memoria espacial es el indicador que mejor predice la facilidad con que adultos principiantes aprenden a manipular un nuevo procesamiento de texto.

c) Integración de diferentes notaciones simbólicas

Ya hemos indicado anteriormente que el medio informático, más que ningún otro medio, permite la presentación y el tratamiento de cualquier tipo de símbolos (gráficos, matemáticos, lingüísticos, mu-

sicales). Si pensamos en utilidades como el procesamiento de texto o las bases de datos, en simulaciones de fenómenos físicos, en lenguajes de programación, en hojas de cálculo, en programas para tratar las imágenes o en programas que permiten la obtención de producciones musicales, no nos será difícil aceptar esta gran flexibilidad del medio informático para tratar cualquier tipo de información simbólica. Pero tal vez el elemento más innovador y enriquecedor para el alumno no sea la variedad de sistemas simbólicos que el medio informático puede vehicular sino la facilidad con que puede pasar de un tipo de representación a otro. Es posible, por ejemplo, partir de una notación musical y ver su traducción en notas musicales (o viceversa, leer el resultado de una melodía en términos de notaciones musicales), o bien representar una melodía de manera gráfica; es posible también manejar ecuaciones de primer o segundo grado viendo inmediatamente el resultado de su representación gráfica, o concretizar mediante elementos gráficos los cambios de magnitud relativos a diferentes cantidades simbolizadas por números enteros o fraccionarios; se puede también trabajar con algunos programas que traducen oralmente algunos mensajes escritos que el alumno introduce a partir del teclado; es posible establecer las relaciones entre el código de un lenguaje de programación (por ejemplo LOGO) y los resultados (gráficos como ocurre con la geometría de la tortuga o escritos cuando se manipulan listas de palabras o de números). Los ejemplos podrían multiplicarse (Dickson, 1989). Esta capacidad del medio informático de permitir la traducción de una notación simbólica a otra y de un tipo de símbolos a otros es un elemento que puede ser importante en muchos aprendizajes (por ejemplo en el aprendizaje de las matemáticas, o en el aprendizaje inicial de la lectura y la escritura) que requieren que el alumno domine precisamente la traducción de un código simbólico a otro: de una formulación lingüística a una formulación matemática, de una formulación escrita a una representación gráfica, de una formulación escrita o gráfica a una representación sonora, etc. (5).

De manera más general, no olvidemos que una de las características de la actividad mental es precisamente la traducción constante de un tipo de símbolos a otro. En este sentido, la facilidad con que el ordenador pasa de un tipo de notación a otra puede ser aprovechada para que el alumno compare lo que hay de común (lo que permanece invariable) entre una y otra representación y tenga un conocimiento menos superficial, más formal y menos contextualizado del fenómeno; o puede también facilitarle la comprensión de un fenómeno nuevo (por ejemplo una expresión algebraica) al ofrecerle la posibilidad de trabajar sobre una representación más familiar o que acentúa ciertas propiedades salientes y que le ayudan la comprensión (por ejemplo una representación gráfica que ayuda a visualizar algunas pro-

piedades de la expresión algebraica). Es posible también que al relativizar el proceso cognitivo (por ejemplo la operación de sumar) del contenido sobre el que se aplica (las diferentes representaciones que se utilizan para dicha operación), esta traducción de un tipo de símbolos a otro facilite la reflexión del alumno sobre los procesos que está aprendiendo (capacidades metacognitivas y de toma de conciencia)(Olson, 1974).

*d) Integración de aspectos procedimentales y declarativos del conocimiento.
Situación de resolución de problemas*

Ya hemos señalado que una de las características de la interacción con los ordenadores es la necesidad de seleccionar de manera ordenada una serie de instrucciones con el objetivo de que el ordenador realice ciertas operaciones (para que calcule, copie una parte del texto, efectúe un dibujo, busque una palabra en un texto, ordene una lista de símbolos, etc.). Dicho de otra manera, la interacción con el ordenador exige que el alumno aborde los aspectos procedimentales del conocimiento y se pregunte qué tipo de acciones son necesarias para conseguir un objetivo determinado. Los aspectos procedimentales son precisamente los que se refieren a las reglas de acción cuya aplicación conduce a un cierto resultado («saber cómo») y son complementarios a los aspectos declarativos (o conceptuales), que se refieren al conjunto de significados relacionados y organizados sobre cualquier tipo de conocimiento («saber qué»). Saber que un cuadrado es una figura cerrada que tiene cuatro lados iguales y que sus ángulos interiores son de 90° , saber que la operación de multiplicar 12 por 4 consiste en repetir cuatro veces el conjunto de 12 elementos, saber que las unidades de una frase vienen separadas por un espacio o que frases diferentes se separan por un signo de puntuación son, todos ellos, ejemplos de conocimientos de tipo declarativo. Saber cómo dibujar un cuadrado, cómo obtener el resultado de la multiplicación 12 por 4 o cómo segmentar de manera adecuada un texto son a su vez ejemplos de conocimientos de tipo procedimental. Ambos aspectos son solidarios en la adquisición de cualquier tipo de conocimiento, pero la articulación entre ambos suele plantear problemas a los alumnos. Éstos pueden tener una serie de conocimientos (por ejemplo tienen conocimientos sobre las operaciones de suma y de multiplicación) pero les es difícil escoger el procedimiento adecuado para resolver cierto problema; o viceversa, pueden aprender ciertas reglas de manera automática (por ejemplo las reglas del algoritmo de la resta) pero no las articulan con los conocimientos que les permiten aplicarlas de manera adecuada (saber que cuando el número de arriba es menor que el de abajo no es posible restar el mayor del menor). El medio informático, al exigir

que el alumno comunique al ordenador las reglas necesarias para obtener un objetivo determinado le obliga a pasar de sus conocimientos declarativos a conocimientos de tipo procedimental. Esto ocurre sobre todo en actividades de programación (pensemos por ejemplo en la programación en lenguaje LOGO) en las que la obtención de cualquier resultado, por sencillo que sea (por ejemplo el dibujo de un cuadrado) exige una traducción de los conocimientos declarativos que tiene el alumno (los conocimientos que tiene sobre el cuadrado) en una lista de instrucciones adecuadas y con un orden determinado. Pero no sólo en las actividades de programación el medio informático solicita esta articulación entre ambos tipos de conocimiento. De manera general, el medio informático facilita la presentación de situaciones de resolución de problemas: se propone al alumno una meta que ha de conseguir utilizando los procedimientos adecuados. Las situaciones de resolución de problemas son situaciones particularmente adecuadas para un aprendizaje activo, situaciones en las que los conocimientos de tipo declarativo y procedimental han de articularse, donde no es suficiente tener conocimientos («saber qué») sino que es también necesario «saber cómo» alcanzar un determinado objetivo. Una de las características propias de las situaciones de resolución de problemas es que exigen una regulación activa y anticipadora de los procedimientos que utiliza el alumno para conseguir su meta y, en este sentido, este tipo de situaciones solicita, según diversos autores, capacidades cognitivas generales como pueden ser la planificación, la descomposición de un problema en subproblemas o la reflexión sobre la propia actividad. En el capítulo 2 analizaremos con más detalle esta cuestión a la luz de los resultados arrojados por diversos estudios experimentales.

Otro de los aspectos inherentes al medio informático y que puede tener repercusiones en la manera de aprender de los alumnos, es la posibilidad de que el ordenador se encargue de ejecutar una parte de los procedimientos necesarios para que el alumno consiga determinado objetivo; de esta manera el alumno ha de asumir tan sólo una parte de la resolución de un problema pudiendo hacer ejecutar al ordenador una parte del trabajo. El ordenador funciona en este caso de manera similar a lo que podría ser la actuación de otra persona que ayuda o guía al alumno asumiendo una parte del trabajo, liberándolo, por ejemplo, de una carga mental excesiva, facilitándole la memoria o asumiendo una parte de los procedimientos que él es aún incapaz de dominar. Puede ser conveniente, por ejemplo, que a cierto nivel del aprendizaje de la lectura y de la escritura el alumno se concentre en la correspondencia entre un signo lingüístico y el significado que vehicula sin ocuparse de los procesos complejos de escribirlo o leerlo. Se

puede entonces imaginar un programa sencillo que haga aparecer una escena o un objeto cada vez que el alumno selecciona determinada palabra, con la posibilidad también de que esta palabra sea pronunciada por el ordenador. De esta manera, una parte del trabajo complejo inherente a la lecto-escritura es realizado por el ordenador y el alumno, en este caso, se puede concentrar exclusivamente en la relación signo/significado. En este ejemplo, como en otros que aborderamos en la sección II (Aplicaciones educativas), el ordenador asume una parte del trabajo cognitivo que requiere la resolución del problema y se convierte en un regulador externo de la actividad del alumno.

e) Interactividad

Es ésta, sin lugar a dudas, la característica del medio informático que más ha interesado a los que se han planteado la cuestión de la utilización educativa de los ordenadores (Greenfield, 1984; Papert, 1981; Solomon, 1987). El medio informático, a diferencia de la mayoría de los otros medios simbólicos (pensemos en la televisión, la radio, el medio escrito) permite, en efecto, que se establezca una relación continuada entre las acciones del alumno y las «respuestas» del ordenador. Cada vez que el alumno introduce una información (a través del teclado, del ratón, del lápiz óptico), por simple que sea, se produce un efecto perceptible (en la pantalla o en cualquier dispositivo de salida). La acción viene pues siempre sancionada por una consecuencia. Esta consecuencia no siempre es la esperada, y esto lo saben todos los que utilizan el ordenador: quiero hacer un programa en LOGO que cuente hasta 100 y me doy cuenta de que al ejecutarlo el ordenador no se para a 100 y continúa hasta que ya no tiene más memoria, o quiero pasar de informaciones numéricas (en una hoja de cálculo) al gráfico correspondiente y me doy cuenta de que he escogido mal las abscisas, utilizo un programa didáctico en el que he de calcular el resultado de una serie de fracciones y cuando me equivoco surge una señal especial, etc. Sobre esta relación entre las actividades del alumno y las reacciones del ordenador (controladas, claro está, por programas más o menos sofisticados) es sobre la que se basan la mayoría de aplicaciones educativas.

Como veremos en los capítulos 3 y 4 (Teorías del aprendizaje y utilización educativa del ordenador I y II) esta interacción entre las actividades del alumno y los efectos producidos en el ordenador puede ser concebida de distintas maneras: desde un simple reforzamiento que sólo sanciona la respuesta de manera dicotómica hasta informaciones que pueden guiar al alumno de manera más cualitativa y según el tipo de errores que ha cometido. En todos los casos se solicita una actividad cognitiva basada en el proceso siguiente:

- previsiones (el alumno forja ciertas expectativas y desea alcanzar determinado objetivo)
- verificación de las previsiones tras la confrontación de las previsiones con el resultado
- elaboración de nuevas previsiones.

Independientemente pues de la calidad de esta interacción y del grado de intervención que se deje al alumno en la elección de sus acciones, el ordenador favorece una participación activa del alumno y puede, por tanto, conducir a un aprendizaje más autónomo: es el sujeto quien va controlando las informaciones que introduce en el ordenador según las respuestas que le va dando la máquina. Esto permite en muchos casos que se pueda concebir el aprendizaje con ordenadores en torno a la realización de proyectos asumidos por el alumno: éste persigue un objetivo (dibujar un gráfico que represente una serie de datos obtenidos en un estudio, concebir un programa que dibuje figuras geométricas de diferente tamaño, redactar un texto partiendo de algunas ideas básicas y ayudándose de una base de datos, etc.) y en el proceso de elaboración para conseguirlo va teniendo informaciones del ordenador. Este protagonismo del alumno, que permite el ordenador (contrariamente a la imposibilidad de intervención de otros medios de comunicación como la televisión o la radio), puede tener una consecuencia sobre la motivación del alumno: al sentirse autor de lo que produce y al darse cuenta de que puede controlar en un cierto grado las informaciones, el alumno se suele sentir más implicado en el proyecto que realiza y su motivación suele ser más grande que la que muestra con otros medios menos interactivos (Lepper & Chabay, 1985).

Esta interactividad, combinada con el hecho de que los ordenadores permiten, a través de la pantalla, una visualización de los resultados que están tratando (nos muestran imágenes, símbolos matemáticos o lingüísticos que indican el estado actual del ordenador) puede facilitar la comunicación entre alumnos. Contrariamente pues a la idea de un aprendizaje con ordenadores deshumanizado y solitario, muchos autores apuntan la facilidad con la que los alumnos comunican sus experiencias cuando están trabajando con ordenadores (Webb, 1984). De hecho, muchas de las utilizaciones educativas con ordenadores se realizan en pequeños grupos (2 ó 3 alumnos delante de un ordenador) aprovechando la facilidad de intercambio suscitada por el trabajo con ordenadores. Los alumnos pueden intercambiar sus impresiones y puntos de vista con facilidad pues tienen un dispositivo (la pantalla) que ambos comparten y que les ofrece los resultados de sus intervenciones. Este intercambio resulta más difícil en situaciones clásicas de aprendizaje en las que no suele existir (salvo cuando se uti-

liza la pizarra, imágenes visuales o cualquier soporte visible y compartido por los alumnos) un medio externo y público como el ordenador y en las que es más difícil seguir con facilidad los pasos intermedios de un aprendizaje (a no ser que el profesor intervenga constantemente guiando la actividad del alumno según sus respuestas).

Proponemos a continuación un resumen de las principales características del medio informático que acabamos de analizar con las correspondientes actividades que solicitan por parte de los usuarios.

Cuadro II

Características del medio informático y tipo de actividades que solicita, facilita o limita

Sistema simbólico	—Manipulación de símbolos —Ausencia de acciones efectivas
Formal (sistema de reglas)	—Rigor —Rigidez —Planificación
Dinámico	—Seguir las transformaciones de diferentes parámetros —Capacidades espaciales
Integración de diferentes notaciones simbólicas	—Traducción de una notación simbólica a otra —Actividades metacognitivas —Toma de conciencia —Descontextualización
Integración de aspectos declarativos y procedimentales. Situación de resolución de problemas	—Autorregulación de la actividad —Regulación externa de la actividad —Explicitar conocimientos —Capacidades generales (planificación, descomposición de un problema, etc.)
Interactividad	—Control activo sobre el aprendizaje —Previsión/Verificación —Motivación —Comunicación

Cada una de estas características tomadas individualmente se puede aplicar a uno u otro de los medios simbólicos no informáticos. La fuerza y el carácter innovador de los ordenadores para el aprendizaje escolar reside precisamente en la conjunción de todas ellas, conjunción que ofrece un medio original que abre nuevas vías en el proceso de aprendizaje. Pero sería abusivo, a nuestro entender, tomar el medio informático como un medio autosuficiente y exclusivo para los aprendizajes escolares. Siguiendo nuestro planteamiento inicial que parte de la base de que el conocimiento viene mediatizado y que esta mediatización puede adoptar medios simbólicos diferentes, defendemos la idea de que un aprendizaje tiene que ser multimedia. El entorno informático, por importante que sea, ha de ser contrastado y combinado con otras situaciones de aprendizaje que utilicen otros medios simbólicos. Sólo la combinación de situaciones informáticas y no informáticas de aprendizaje podrá dar al alumno un conocimiento más móvil y general, menos limitado por la mediatización utilizada. En las páginas que siguen volveremos a señalar la importancia de este aprendizaje multimedia que combina situaciones de aprendizaje con ordenadores con situaciones que utilizan principalmente la acción y el movimiento, o situaciones que, utilizando el lenguaje oral y escrito no se basan en una comunicación de informaciones tan rigurosa como la que ofrece el ordenador, o en situaciones más concretas y cotidianas y menos mediatizadas por símbolos abstractos como ocurre con los ordenadores.

1.3. Multifuncionalidad de los ordenadores

Como acabamos de ver, el medio informático posee ciertas características que lo diferencian de los otros medios y por esto su utilización comporta una serie de potencialidades y limitaciones que le son propias. Pero el análisis de estas características inherentes al medio informático que acabamos de hacer ha de ser completado por el análisis de los diferentes usos de la informática. La multifuncionalidad caracteriza, en efecto, a los ordenadores y los diferencia de la mayoría de objetos técnicos que permiten funciones mucho más limitadas. Es difícil ver imágenes por la radio, jugar al ajedrez con su televisor, interactuar con las informaciones de un libro o almacenar información escrita con un vídeo, funciones presentes todas ellas en los ordenadores. Sin entrar aún en una visión específica de las diferentes maneras de utilizar el ordenador en la escuela veamos a continuación algunos de los usos más comunes del ordenador que nos pueden interesar a la hora de reflexionar sobre su utilización educativa.

Cuadro III
Usos más importantes de los ordenadores

Programación	—Utilización de lenguajes de programación (BASIC, LOGO LISP, PASCAL, PROLOG, TUTOR) para diseñar y crear programas diversos
Herramienta utilitaria	—Comunicar (correo electrónico, telemática) —Escribir (procesamiento de texto) —Dibujar (programas gráficos) —Calcular (hojas de cálculo) —Almacenar y consultar información (base de datos) —Guiar en la toma de decisiones y en la resolución de problemas (sistemas expertos) —Realizar acciones mecánicas precisas (robótica)
Simulación	—Simbolizar datos y operaciones diversas del mundo físico, matemático, cognitivo
Juego	—Situaciones que favorecen actividades lúdicas (juegos de aventuras, juegos de reglas, videojuegos)
Aprendizaje	—Adquisición de conocimientos y habilidades determinadas (enseñanza asistida por ordenador, programas didácticos abiertos, entornos informáticos de aprendizaje)

1. La función pionera de los ordenadores es sin lugar a dudas la programación. A través de esta actividad se puede comunicar con la máquina y hacer que ésta ejecute tareas diversas. La programación está en la base de la creación de todos los programas («software») que se utilizan con objetivos y en ámbitos diversos, ya sean programas comerciales, programas para la investigación (pensemos en los programas que diseña la Inteligencia Artificial) o programas para un uso personal.

La evolución de los lenguajes de programación, que se han aproximado cada vez más a lenguajes sencillos y cercanos al lenguaje natural, ha hecho que su uso sea, hoy en día, más accesible que hace 20 ó 30 años. Se ha pasado de lenguajes próximos al «lenguaje máquina» a lenguajes como LOGO o PROLOG, de estructura y uso más sencillos para el principiante.

Las actividades de programación pueden constituir uno de los objetivos de enseñanza cuando se plantea la cuestión de cómo utilizar los ordenadores en la escuela. Los objetivos curriculares pueden ser, en este caso, de diferentes tipos. Se persigue a veces la formación de estudiantes que se orientan hacia estudios técnicos y que requieren este tipo de conocimientos. Otras veces se persigue un objetivo menos profesional: que los alumnos, a través de ejercicios de programación adquieran algunos conocimientos sobre el mundo informático (alfabetización informática). Es posible también que las actividades de programación, al ser actividades de resolución de problemas complejos que suponen una serie de capacidades cognitivas especiales (planificación, metacognición, descomposición de un problema en subproblemas, etc.) puedan ser el vehículo para la adquisición de dichas capacidades; en este caso, la programación se enseña pero el objetivo curricular central es precisamente la adquisición de estas actividades cognitivas. En el capítulo 2 analizaremos con más detalle este aspecto de la cuestión.

2. Las funciones más conocidas de los ordenadores y que han originado su comercialización han sido aquellas en las que el ordenador es utilizado como una herramienta para conseguir fines utilitarios como la comunicación, la escritura, el dibujo, el almacenamiento de información, etc. Estas funciones no son nuevas (se comunica información, se escribe, se dibuja, se calcula y se almacena información también sin ordenadores), pero las características del medio informático han hecho que se realicen de otra manera. Los ordenadores en este sentido son herramientas que amplían y transforman la manera de comunicar, de escribir, de consultar datos o de calcular. Veremos que una

de las utilizaciones educativas de los ordenadores es introducirlos precisamente como nuevas herramientas que pueden ayudar al alumno en tareas escolares ligadas a algunas de estas funciones básicas.

3. La simulación ha constituido también uno de los objetivos clásicos de la utilización de los ordenadores: por su capacidad de representar todo tipo de símbolos y por la facilidad de seguir las transformaciones y operaciones sucesivas de cualquier información (visual, auditiva, matemática, escrita), el medio informático se presta a representar con facilidad situaciones dinámicas variadas. Pensemos, por ejemplo, en la posibilidad de diseñar un modelo que represente el crecimiento de una población, de un organismo vivo, o que simule el movimiento de los planetas o las trayectorias de objetos que chocan o de proyectiles, o que permita reproducir las condiciones básicas de la conducción de un coche o de un avión cuando aterriza o despegue. Las situaciones de simulación no sólo permiten seguir fenómenos complejos difícilmente accesibles sino que facilitan la exploración y la intervención por parte del usuario. Por esto su uso se ha hecho imprescindible en muchos campos de la industria y de la técnica. La simulación, al igual que las funciones utilitarias que acabamos de presentar, es también una función presente en muchas de las utilizaciones educativas de los ordenadores, sobre todo en el campo de las ciencias. La simulación de comportamientos humanos variados (el razonamiento, la resolución de problemas, el lenguaje, la percepción) ha constituido un campo de estudio privilegiado (el de la Inteligencia Artificial) que ha afectado también la manera de utilizar el ordenador en situaciones educativas.
4. El juego ha sido una de las funciones más populares de los ordenadores entre la población infantil y juvenil. Han sido numerosos los programas concebidos para una utilización lúdica, desde los característicos videojuegos en los que se ha de conducir un coche sin salirse de la pista, atrapar el mayor número de enemigos, bombardear aviones con misiles tierra-aire o subir con astucia y rapidez las escaleras para no ser alcanzado por proyectiles varios, hasta los juegos clásicos adaptados a la pantalla (ajedrez, backgamon, juegos de cartas) pasando por juegos más abiertos como los de aventuras en los que se debe alcanzar un objetivo remoto (buscar un tesoro, atravesar una ciudad) salvando numerosos obstáculos y recorriendo paisajes diversos. Los juegos informáticos aprovechan algunas de las característi-

cas del medio informático (dinamismo de la imagen, interactividad, situaciones de resolución de problemas) para crear situaciones lúdicas que han significado un cambio radical en la manera de jugar. La capacidad que tienen los ordenadores de simular situaciones variadas que reproducen algunas características del entorno es aprovechada en los juegos informáticos para crear ambientes significativos para el usuario. A su vez, la elevada motivación que suelen tener los sujetos en este tipo de situaciones ha provocado que algunos diseñadores se hayan inspirado en algunas de las propiedades de los juegos informáticos para introducirlas en los programas didácticos (efectos especiales de imagen y sonido, situación de resolución de problemas, interactividad, simulación).

5. Una de las funciones que han acompañado a los ordenadores desde su creación ha sido la didáctica: utilizar el ordenador para favorecer la adquisición de conocimientos y habilidades diversas (memorización de conocimientos, adquisición de reglas matemáticas, físicas o lingüísticas, comprensión de leyes físicas, exploración y memorización de informaciones geográficas, etc.). La creación de programas didácticos —«software didáctico»— (de concepción y naturaleza muy diferentes los unos de los otros como veremos en el capítulo 5) persigue precisamente este objetivo: el de utilizar el ordenador como base, medio o guía en aprendizajes determinados. Como ya lo hemos indicado anteriormente, las otras funciones del ordenador (la de herramienta para utilidades precisas, la de simulación, la de juego y la de programación) no son incompatibles con la función didáctica del ordenador. Se puede utilizar un procesador de textos como herramienta para el aprendizaje de la escritura en un entorno escolar o una simulación par el aprendizaje de ciertos contenidos del currículum de la física o de la química o inspirarse de un juego informático para diseñar un entorno educativo específico. En todos estos casos las funciones del ordenador están supeditadas a ciertos objetivos curriculares.

Las dos ideas que hemos desarrollado en este capítulo pueden parecer contradictorias. Hemos defendido primero la idea de que el medio informático, como cualquier otro medio simbólico, tiene sus particularidades, particularidades que afectan el tipo de conocimiento que obtenemos a través de este medio y que afectan también la naturaleza de los procesos cognitivos implicados en su utilización y por tanto la naturaleza del aprendizaje que se realiza con él. Hemos visto después que con los ordenadores se pueden realizar objetivos muy diferentes, desde la programación hasta los juegos, pasando por la escri-

tura, el cálculo o la consulta de informaciones almacenadas en bases de datos. Los diferentes usos de la informática afectan también los procesos cognitivos específicos utilizados en cada caso; la tarea de escribir requiere unos procesos cognitivos diferentes de los que requiere una tarea de cálculo, de dibujo o una situación de juego. Estos procesos se han de tener en cuenta a la hora de pensar en la utilización educativa de la informática.

La aparente contradicción entre ambos planteamientos exige pues que se articulen estos dos niveles: el del medio utilizado (que tiene sus características peculiares que inciden sobre los procesos cognitivos) y el tipo de tarea realizada a través de este medio (que implica una serie de procesos específicos distintos de los que implican otras tareas). Como veremos en los capítulos que siguen, estas dos dimensiones (las propiedades del medio y el tipo de tarea) no son suficientes para un análisis completo de la utilización didáctica de los ordenadores. A su vez, estas dimensiones han de articularse con otras relativas a la estructura de la tarea y a la actividad del aprendiz (veremos que no es lo mismo aprender a través de una tarea cerrada en la que el alumno tiene poca posibilidad de intervención que aprender a través de una tarea abierta que facilita la iniciativa del alumno), dimensiones que vienen determinadas en gran parte por las teorías del aprendizaje sobre las que se apoya el diseño educativo.

(1) El ordenador está diseñado de tal manera que su componente mecánico («hardware») es capaz de ejecutar ciertas operaciones en acorde con determinadas instrucciones que se le dan a través de un programa («software») escrito mediante determinados símbolos. El programa es pues un conjunto de reglas que especifica de manera clara, y a través de un código simbólico que entiende la máquina, ciertas operaciones que ejecutará el «hardware» como pueden ser copiar un ítem de información en un lugar específico del registro, cambiar un ítem por otro, contar las instrucciones ejecutadas hasta el momento, etc. (Boden, 1984; Johnson-Laird, 1990; Weizenbaum, 1976). Pero existen muchos niveles de lenguaje, desde el más básico (el llamado «lenguaje o código de la máquina») en el que cada instrucción escrita en este código provoca una operación única del mecanismo, hasta lenguajes que se basan en unidades más significativas y no en correspondencias tan detalladas y que por esto permiten una comunicación cada vez más apropiada con la máquina (pensemos por ejemplo en el lenguaje LOGO) o en aquellos programas que nos permiten hacer ejecutar a la máquina diferentes operaciones significativas (copiar una parte de texto, dibujar, cambiar de escena, calcular) a través de actos sencillos (señalar, apretar cierto símbolo de la pantalla) que no necesitan instrucciones escritas.

(2) Sin poder entrar en un análisis detallado de las relaciones entre símbolos y realidades simbolizadas, señalemos sin embargo que estas relaciones pueden ser de distinta naturaleza (denotativa, ejemplificadora, expresiva, etc.); algunos sistemas simbólicos se basan prioritariamente en una de estas relaciones en detrimento de otras (por ejemplo, el ballet enfatiza la relación expresiva mientras que en las matemáticas domina la relación denotativa) y otros (como el lenguaje, el medio icónico o el medio informático) permiten, según los casos, hacer resaltar cualquiera de estas relaciones (Goodman, 1978; Salomon, 1981).

(3) Los medios simbólicos más estudiados desde esta perspectiva son el lenguaje y el medio icónico estático o dinámico (fotografías, mapas, televisión). El lector puede encontrar precisiones en las siguientes referencias: Bresson, 1981; Bryant y Anderson, 1983; Greenfield, 1984; Meringoff, 1980; Olson, 1977; Pressley, 1977; Salomon, 1979; Salomon y Cohen, 1978; Scribner y Cole, 1982.

(4) Diferentes estudios que han analizado las actividades de programación han puesto de manifiesto los numerosos errores que cometen los alumnos cuando aprenden un nuevo lenguaje de programación y han mostrado la dificultad que tienen en dominar los aspectos semánticos (el significado de las unidades empleadas) y sintácticos (las reglas que regulan la articulación de estas unidades) del nuevo lenguaje. Aunque trataremos algunos de estos aspectos en el capítulo 2, sirva aquí como ejemplo de esta dificultad de tratar con la precisión del lenguaje de programación, el caso de una alumna, Carole de 10 años, en sus tentativas de programación con LOGO. Después de haber escrito con éxito un programa que dibuja una estrella y que lo ha denominado «Carole» (LOGO permite dar cualquier nombre a una serie de instrucciones, y este nombre es entonces el nombre del programa que puede ser empleado en sustitución de todas las instrucciones) quiere volver a ejecutar el dibujo. Escribe para ello el nombre de su programa pero comete un error y escribe «Carol». El ordenador no ejecuta ninguna acción e imprime en la pantalla un mensaje de error («no sé qué hacer con Carol») pues efectivamente el ordenador sabe ejecutar «Carole» pero no «Carol».

Esto sorprende y a la vez divierte enormemente a la niña que se lanza a una actividad exploratoria de lo que es capaz o no de reconocer el ordenador. Propone entonces una serie de variaciones del nombre del programa (y de su nombre) —«Caroll», «Carolec», «Ccarole», etc.— y se da cuenta de que el ordenador es muy tonto pues ante palabras tan parecidas, no entiende ninguna.

(5) Una de las tendencias desarrolladas estos últimos años y que toma mayor envergadura con los nuevos avances técnicos es precisamente la de combinar diferentes medios simbólicos en un mismo programa, potenciando así las ventajas de los diferentes medios (televisión, imágenes de alta definición, texto escrito, sonido). Pensemos por ejemplo en los videotextos, teletextos, videodiscos y otras aplicaciones que combinan las posibilidades de la informática con las de otros medios, y todas las aplicaciones actuales que tratan de hacer converger en un mismo equipo diferentes aplicaciones para favorecer su utilización simultánea. Se suele hablar entonces de entornos «hipermedia» (Sewell, 1990)

CAPÍTULO 2

IMPACTO DE LA UTILIZACIÓN DE LOS ORDENADORES EN EL COMPORTAMIENTO

La popularización y la facilidad de acceso de los microordenadores desde los inicios de la década de los años 80 ha levantado grandes inquietudes, y también grandes expectativas, sobre las consecuencias psicológicas de una utilización generalizada de los ordenadores. Desde el «Cómprase un ordenador y se volverá más inteligente» hasta el «Con los ordenadores se acabó la poesía» muchas han sido las voces que, con diferentes matices y analizando realidades a veces muy diferentes, se han situado en uno u otro bando. Y es que la progresiva generalización y el uso doméstico y educativo cada vez más notable de los ordenadores abre interrogantes e inquieta, como siempre ha inquietado cualquier cambio tecnológico con repercusiones sociales y cognitivas (desde la aparición de la imprenta hasta las nuevas tecnologías, pasando por la radio y la televisión).

Por un lado, están aquellos autores que se acogen al «sueño informático» y que insisten en las nuevas posibilidades que ofrecen los ordenadores evocando cambios positivos en aspectos sociocognitivos y en la manera de aprender (Lepper & Gurtner, 1989; Martí, 1988). Algunos resaltan la posibilidad de que el ordenador se convierta en una ayuda personal para el alumno, un tutor adaptado a las necesidades y al ritmo de aprendizaje de los alumnos y que puede mejorar, por esto, la eficacia de la enseñanza tradicional. Esto es un viejo deseo de la enseñanza programada, revalorizado desde hace algunos años por la enseñanza asistida por ordenadores (EAO) y que ha ido cobran-

do renovado interés a medida que los sistemas tutoriales basados en los avances de la Inteligencia Artificial han permitido ayudas cada vez más sofisticadas (Bork, 1985; Hartley & Sleeman, 1973; Ross, 1987; Suppes, 1966; Taylor, 1980). Otros, insisten en las potencialidades del ordenador en tanto que puede ser capaz de crear un entorno de aprendizaje totalmente nuevo (más interactivo, más exploratorio, más significativo, más creativo) que facilita la adquisición de poderosas habilidades cognitivas y metacognitivas (métodos heurísticos de resolución de problemas, planificación, reflexión sobre la propia actividad, etc.) (Abelson y Di Sessa, 1986; Lawler, 1982; Papert, 1981). Estos mismos autores, junto con otros nuevos, destacan aspectos más socio-afectivos: que los ordenadores, al crear situaciones de tipo lúdico, facilitan los aprendizajes guiados por motivación intrínseca; o que incrementan la cooperación y colaboración entre estudiantes o que generan nuevas e interesantes discusiones entre alumnos (Lepper, 1985; Turkle, 1984; Webb, 1984). Por fin, entre los optimistas, están aquellos que conciben el ordenador como una herramienta y analizan, en cada campo académico o extra-académico (escritura y edición, creación de gráficos y dibujos, efectos visuales y musicales especiales, utilización y creación de base de datos) las ventajas de la utilización del medio informático (Collins, 1986; Pea, 1985; Riel, 1985).

Por otro lado, están los autores, menos numerosos, que señalan los efectos perversos y los peligros de una informatización excesiva de la educación, y más que un sueño ven en el ordenador, una pesadilla. Weizenbaum (1976) fue uno de los primeros pensadores que realizó un análisis riguroso de los posibles efectos negativos de los ordenadores, máquinas centradas únicamente en una forma particular y limitada de representación de la realidad, el cálculo. Otros autores han señalado las severas limitaciones que tienen las situaciones de aprendizaje con ordenadores cuando se las quiere generalizar a alumnos de distinto nivel (algunos programas EAO que pueden ser apropiados para principiantes son un desastre para alumnos más avanzados), o a situaciones no informatizadas; cuestionan por ejemplo que las habilidades que supuestamente están solicitadas por los entornos informáticos puedan transferirse a otras situaciones y critican también la posible «atrofia intelectual» que representaría para los alumnos ser expertos en problemas planteados con el ordenador, pero incapaces de adquirir formas distintas o más avanzadas de habilidades sin utilizar el ordenador (Dreyfus y Dreyfus, 1984; Lepper y Gurtner, 1989). Otros autores cuestionan la facilidad que tendrían los ordenadores en adaptarse al ritmo y a las particularidades de los alumnos, preveyendo, al contrario, una homogenización de las experiencias de

aprendizaje en detrimento de los alumnos que se adaptan con dificultad al uso del ordenador; cuestionan también el hecho de que el ordenador sea capaz de compensar desigualdades ya existentes entre los alumnos preveyendo que éstas van a ser exacerbadas con los ordenadores (por ejemplo, por el hecho de que los alumnos socialmente más desfavorecidos son los que tienen un acceso más difícil a material informático de interés o por el hecho de que alumnos de clases sociales diferentes suelen trabajar con materiales didácticos diferentes); algunos preveen también la posible deshumanización de la clase y el olvido de valores sociales ligados a la relación con el profesor y con los otros alumnos (Becker y Sterling, 1987; Cuban, 1986; Salomon, 1985). Por último, están los autores que se preocupan del posible cambio del currículum escolar; consideran que un uso generalizado de los ordenadores favorecería aquellas disciplinas que mejor se prestan a la utilización informática (matemáticas y ciencias) en detrimento de conocimientos más ligados al desarrollo moral, emocional y social del niño; al mismo tiempo provocaría un énfasis en situaciones de resolución de problemas de tipo reflexivo desdeñando situaciones que solicitan una inteligencia práctica, o habilidades más intuitivas o artísticas (Lepper y Gurtner, 1989).

2.1. Resultados de los estudios evaluativos

Si pasamos del análisis de los posibles efectos positivos o negativos del uso de los ordenadores tal y como los acabamos de plantear a los resultados de los estudios psicológicos que han intentado ponerlos en evidencia, nos damos cuenta de que el balance de estos estudios, aunque nos muestre algunos primeros resultados interesantes dista mucho de clarificar el debate tal y como se ha planteado anteriormente.

El diseño empleado en este tipo de estudios es el que compara un grupo experimental (que ha tenido una experiencia con ordenadores más o menos prolongada) con un grupo control que no ha tenido tal posibilidad; es posible también combinar dicha comparación con otra que contrasta los resultados de un pre-test (evaluación de los sujetos antes de la experiencia informática) con los del post-test (evaluación de los sujetos después de la experiencia informática).

De los numerosos estudios realizados estos últimos 20 años los que nos parecen más representativos del estado general de la cuestión son los que tratan de mostrar la posibilidad (o la imposibilidad) de que la experiencia con ordenadores permita adquirir nuevas habilidades cognitivas (1). Es la cuestión de los efectos cognitivos de la utilización de los ordenadores.

Cuadro I

Paradigma clásico en los estudios evaluativos

(Pre-test).....GRUPO CONTROL.....Evaluación cognitiva

(Pre-test).....GRUPO EXPERIMENTAL.....Evaluación cognitiva
(experiencia con ordenadores)

Este planteamiento remite muchas veces a la cuestión de la transferencia de habilidades cognitivas desde el ámbito informático a otros ámbitos: ¿se puede mostrar que tras la utilización de los ordenadores los sujetos serán capaces de utilizar dichas habilidades en otras tareas?

Dicha problemática se genera a finales de la década de los años 70 cuando un grupo de investigadores entre los que destaca Papert defienden con apasionado fervor los efectos cognitivos positivos de un aprendizaje basado en la programación (principalmente a través de algún micromundo del lenguaje LOGO como el micromundo gráfico de la tortuga)(Byte, 1982; Goldstein & Papert, 1977; Papert, 1981). La hipótesis de que el trabajo de programación solicita tanto una serie de habilidades cognitivas o metacognitivas generales (heurísticas de resolución de problemas, habilidad de planificación, de verificación de hipótesis, toma de conciencia del propio funcionamiento cognitivo, etc.) como de habilidades más específicas (ligadas tanto al lenguaje mismo de programación como al ámbito en que se trabaja) se basa en finas observaciones de casos de niños programando con LOGO, recogidas principalmente en torno al Proyecto Brookline dirigido por Papert y por un grupo de investigadores del Massachusetts Institute of Technology (Papert, Abelson, Bamberger, Di Sessa, Weir, 1978; Papert, Watt, Di Sessa, Weir & Watt 1979). Este panorama esperanzador de las virtudes cognitivas de la programación basado en análisis cualitativos es recogido a principio de la década de los años 80 por una serie de investigadores interesados en evaluar la hipótesis de los efectos cognitivos del uso de los ordenadores (principalmente a través de la programación con el lenguaje LOGO).

Los primeros resultados son menos esperanzadores de lo que se había supuesto sobre todo en lo que concierne la adquisición y transferencia de habilidades cognitivas generales (Linn, 1985; Pea & Kurland, 1984b). Los estudios más conocidos son los llevados a cabo por una serie de investigadores del Bank Street College of Education de Nueva York. Uno de los estudios más citados muestra por ejemplo que una experiencia de programación LOGO durante un año (unas 30 horas de experiencia) en niños de 8, 9, 11 y 12 años no mejora sus

capacidades de planificación en una tarea no informática si se la compara al grupo control que no ha beneficiado de las sesiones de programación LOGO (Pea & Kurland, 1984a; Pea, Kurland & Hawkins, 1985). Otro estudio muestra que los adolescentes se benefician poco de actividades de programación con diferentes lenguajes (no sólo LOGO, sino también PASCAL o BASIC) a la luz de sus escasas mejoras en capacidades de razonamiento, detección y corrección de errores («debugging») o habilidades de planificación (Kurland, Pea, Clement & Mawbay, 1986).

Algunos estudios sin embargo arrojan resultados más esperanzadores. Clements y Gullo (1984) muestran por ejemplo que niños de 6 años de edad pueden beneficiarse de sesiones de programación LOGO si se les compara con niños de la misma edad que han seguido sesiones EAO. La comparación se hace a través de una serie de pruebas relativas al estilo cognitivo (reflexividad y pensamiento divergente), a habilidades metacognitivas, desarrollo cognitivo general y habilidad para describir direcciones. El grupo «programación» supera de manera significativa al grupo EAO en las medidas de reflexividad, en algunas medidas del pensamiento divergente, en las medidas de metacognición y en la habilidad para describir direcciones; ninguna diferencia separa a los dos grupos en las medidas de desarrollo cognitivo general (pruebas operatorias y medidas cognitivas generales). Otro estudio más reciente de Clements (1986) con niños de 6 y 8 años, comparando un grupo de programación LOGO con un grupo que beneficia de sesiones EAO, muestra resultados positivos para el grupo programación en dos de las tres medidas de capacidades metacognitivas, en la medida de creatividad, en los resultados de pruebas operatorias (seriación y clasificación) y en la capacidad de describir direcciones aunque ninguna diferencia separaba a los dos grupos en pruebas escolares de lectura y de matemáticas.

Las razones de estos resultados tan poco uniformes (no se puede hablar de manera general de una influencia positiva o negativa de la actividad de programación) son variadas, pero se pueden apuntar algunas dimensiones que clarifican la controversia.

- (a) En el plano metodológico, los estudios que siguen el diseño Pre-test/ Post-test, Grupo experimental/ Grupo control plantean serios problemas de validez cuando no se cumplen ciertas condiciones como pueden ser la atribución aleatoria de los sujetos a ambos grupos o cuando no se controla el efecto de «novedad» de la intervención en el grupo experimental o cuando se desestima la variación de los grupos a lo largo de la experiencia (Campbell & Stanley, 1963). La mayoría de los estudios citados no garantizan tales requisitos metodológicos y no es

extraño que arrojen resultados muy diversos, fruto de numerosas variables no identificadas.

- (b) La experiencia de programación es una actividad enormemente compleja, de la que aún sabemos poco y los alumnos pueden implicarse en ella a diferentes niveles de dominio y realizando habilidades cognitivas de índole muy diferente. Lo que caracteriza a muchos de estos primeros estudios evaluativos es que consideran la programación como una experiencia unitaria, sin analizar sus componentes y sus condiciones de realización. El planteamiento se asemeja al paradigma siguiente: sujetos en contacto con la programación (especie de «caja negra» cuyo contenido se desconoce, pero que se supone puede influir al que entra en contacto con ella), salen modificados (o intactos). Algunas investigaciones se han interesado en esta «psicología de la programación» y nos ofrecen una visión aún parcelaria, pero en todo caso lo suficientemente compleja para que se tenga en cuenta en los análisis psicológicos (Ver el apartado 2.2). Sólo de esta manera se puede entender el interés cognitivo de la programación y se evitarán conclusiones incompletas o inexactas. Por ejemplo, la duración relativamente corta de los estudios que hemos citado sitúa el nivel de programación de los alumnos en las primeras fases de dominio, fases en las que es difícil imaginar que se adquieran y transfieran habilidades cognitivas de interés. Se supone que un mínimo de 50-60 horas es absolutamente necesario para que el alumno vaya más allá de un contacto superficial con la programación. Estudios recientes que garantizan, entre otras cosas, este mínimo obtienen resultados más favorables (Clements, 1990; Lehrer, Guckenberger & Sancilio, 1988; Maccoy Carver, 1988).

- (c) Transferencia de habilidades cognitivas

La cuestión de la transferencia ocupa un lugar central en todos los estudios que acabamos de comentar. El deseo de mostrar que la actividad de programación produce un cambio en las capacidades del sujeto se traduce muchas veces en el deseo de mostrar que el sujeto, porque ha programado, ha adquirido ciertas habilidades que es capaz de transferir a una situación distinta. El planteamiento no es nuevo, y numerosos estudios en el ámbito de la enseñanza, del aprendizaje y de la resolución de problemas han demostrado lo difícil que es lograr una transferencia de habilidades entre diferentes contenidos (De Corte, 1987; Klahr & Maccoy Carver, 1988; Perkins & Salomon, 1989).

Por un lado, la transferencia de habilidades generales de resolución de problemas de una situación a otra resulta muy difi-

cil de demostrar. Por otro lado, los sujetos tienen dificultad en identificar problemas isomorfos cuya estructura aparente es diferente, dificultad que se acentúa en sujetos más jóvenes y la transferencia entre estos problemas isomorfos es escasa (Gick & Holyoak, 1983; Johanson, 1988; Martí & Mayer, 1990; Simon & Hayes, 1976). Dos distinciones ayudan a comprender estos resultados. Se suele hablar de transferencia próxima / transferencia lejana para distinguir la mayor o menor proximidad entre los ámbitos entre los que se establece la transferencia. En el primer caso se obtienen resultados mejores. Se suelen oponer también las habilidades específicas a las habilidades generales. Se obtienen resultados mejores cuando se evalúan las habilidades específicas a una área determinada.

Aunque tal vez sea pronto para tener una visión de conjunto de estos primeros estudios evaluativos sobre la transferencia en el ámbito de la programación, muchos autores coinciden en señalar las tendencias siguientes (ver Salomon y Perkins, 1989 para una reciente revisión).

1. El hecho de programar no garantiza que se adquieran habilidades cognitivas generales que puedan luego transferirse a otras situaciones. Aunque es cierto que a priori la programación solicita este tipo de habilidades (planificación, descomposición de un problema en subproblemas, verificación de hipótesis, capacidades metacognitivas) es difícil mostrar que estas capacidades puedan ser transferidas a otras tareas por los alumnos que se han beneficiado de sesiones de programación (Crahay, 1987; Pea & Kurland, 1984b; Johanson, 1988; Klahr & Maccoby Carver, 1988)
2. El resultado suele ser ligeramente positivo en relación a habilidades mucho más específicas ya sea porque están ligadas directamente al lenguaje de programación en cuestión (los alumnos suelen ser más hábiles en manejar los conceptos y las instrucciones primitivas ligados al lenguaje de programación como pueden ser el IF...THEN, el GOTO, el PRINT en el lenguaje BASIC o la idea de procedimiento, de recursividad, de variable para el lenguaje LOGO), ya sea porque estas habilidades específicas están ligadas al contenido sobre el que se aplica la programación (por ejemplo manejar cambios de dirección, conocimientos geométricos, composición de ángulos cuando se trata de la programación LOGO en su modalidad de geometría de la Tortuga) (Clements & Gullo, 1984; Gorman & Bourne, 1983).
3. En ambos casos, si la tarea utilizada para poner en evidencia la transferencia es próxima a la tarea en la que se ha realizado la programación, entonces los resultados son más positivos.

Estos datos, poco alentadores en relación con la tesis de la transferencia de habilidades generales, han sido explicados como sigue: la adquisición de una habilidad en una determinada área depende en gran manera de la adquisición de una base de conocimientos específicos a esta área, base que ha de estar bien organizada y que ha de ser flexible y permanecer disponible (De Corte, 1990). Esta interpretación cuestiona la posibilidad de transferir habilidades generales desde la programación a otros ámbitos, pero no explica los resultados positivos que se han obtenido y, sobre todo, acepta un planteamiento que nos parece extremadamente ingenuo. En efecto, estos estudios plantean la cuestión de los efectos de la programación de manera incompleta, como si el mero hecho de programar fuese una razón suficiente para obtener resultados positivos. Olvidan los procesos interactivos en los que se realiza esta experiencia de programación. Estos procesos pueden conducir a dos tipos de análisis. Por un lado, y como ya apuntábamos más arriba, se trataría de analizar con más detalle las actividades realizadas por los sujetos, entendidas como un proceso interactivo entre el sujeto que aprende, el medio informático y la estructura de la tarea que le sirve de base para la programación. Es esta una manera de «abrir la caja negra de la programación». Para este tipo de estudios no es imprescindible plantear la cuestión de la transferencia pues la prioridad se da al hecho de entender de qué manera interactúan los sujetos con el medio informático y el tipo de tarea que ejecutan, y no tanto a la evaluación de la transferencia (Martí, 1990). Pero ambas cuestiones no son incompatibles como enseguida veremos. Por otro lado, es necesario analizar con más detalle el contexto de enseñanza-aprendizaje en el que se realizan las sesiones de programación, para poder apreciar las relaciones entre los objetivos de la enseñanza de la programación, los procesos de enseñanza-aprendizaje y los resultados obtenidos, en vez de interesarse por el impacto de la programación sin cuestionar las modalidades en las que se ha realizado esta «experiencia de la programación». Ante los resultados bastante negativos que acabamos de exponer sobre la transferencia de habilidades generales, cabría una explicación complementaria a la que hemos apuntado más arriba relativa a la especificidad del aprendizaje: la dificultad de obtener transferencias positivas se podría deber en parte a la ausencia de condiciones necesarias en el momento del aprendizaje de la programación para que se dé dicha transferencia.

2.2. El análisis de las interacciones Sujeto-Ordenador

2.2.1. *Estudio cognitivo de las actividades de programación*

Paralelamente a las tentativas de mostrar los efectos cognitivos de la programación, algunos autores se interesan en la actividad misma de programación desde la óptica de la psicología cognitiva. Se preguntan qué estrategias o modelos mentales desarrollan los expertos y novatos cuando programan, qué tipo de errores cometen al abordar diferentes operaciones informáticas, qué tipo de progresión lógica caracteriza el avance en la habilidad de programar, etc. La situación de programación es analizada como una situación de resolución de problemas en la que interviene:

- un dispositivo informático que permitirá ejecutar el programa,
- un lenguaje de programación (con sus símbolos y sus reglas),
- un ámbito (se puede tratar de un problema algebraico, geométrico, lingüístico, físico, etc.) en el que se plantea el problema.

El sujeto se encuentra ante ciertos objetivos que él mismo, el ordenador o el profesor propone (por ejemplo hacer un programa que deletree las palabras, o que dibuje espirales, o que simule una de las soluciones del problema de la Torre de Hanoi), tiene que manipular y organizar de manera adecuada los símbolos y las reglas del lenguaje para escribir el programa que le permita llegar al objetivo propuesto y esto lo ha de realizar tomando en consideración el dispositivo que ejecutará el programa, sin olvidar la presencia también de una serie de conocimientos previos que pueden favorecer o dificultar la manipulación del lenguaje de programación (conocimientos informales o conocimientos formales, directamente ligados al lenguaje de programación que está manipulando o relativos al ámbito de aplicación de programación). Resolver estos problemas de programación es, para los sujetos, una actividad muy compleja que exige, entre otras cosas, un conocimiento del código simbólico (el lenguaje de programación) en sus aspectos semánticos —el significado de los diferentes símbolos— y sintácticos —las reglas de composición de estos símbolos—; esto supone que el sujeto, para ser experto, ha de ser capaz de ejercer una serie de actividades que van de la comprensión del problema que ha de programar hasta la escritura de la solución utilizando el código adecuado, pasando por la planificación de la solución programable hasta la detección y corrección de errores (Mendelsohn, 1988; Pea & Kurland, 1984b).

Cuadro II

Actividades principales ligadas a la programación

1. Producción de programas

- Comprensión del problema
- Construcción y planificación de una solución programable
- Expresión de la solución en el código del lenguaje
- Anticipar la ejecución del programa en un dispositivo
- Detectar y analizar los errores («bugs») de programación

2. Comprensión de programas

- Analizar y descomponer el programa en sus estructuras básicas
- Anticipar la ejecución del programa en un dispositivo
- Detectar y analizar los errores («bugs») de programación

Estas tareas pueden realizarse a niveles de dominio muy diferentes. No nos es difícil imaginar la diferencia que media entre las actividades de un sujeto que por primera vez toma contacto con el ordenador y las que son propias de un experto programador. Siguiendo a Pea y Kurland (1984b) se suelen distinguir cuatro niveles de programación.

Nivel I: Utilizar programas

Es el nivel del usuario que utiliza el ordenador para fines determinados: para escribir (utilizando por ejemplo algún procesamiento de texto), para dibujar o realizar gráficos (utilizando algún programa adecuado para este fin), para jugar, para enviar comunicaciones escritas mediante el Correo Electrónico, para consultar una base de datos, etc. Los conocimientos que adquiere el sujeto a este nivel (relativos a las funciones de determinadas teclas, a la elección de menús, al acceso o memorización de ficheros, etc.) son importantes pues le permiten el acceso a las diferentes utilidades informáticas y le ofrecen una base sólida para la utilización de nuevos programas.

Nivel II: Generar código

Es el nivel que corresponde a los primeros pasos en la utilización de un lenguaje de programación. El sujeto conoce el significado de las principales instrucciones del programa así como sus reglas principales. Es capaz de escribir programas sencillos que funcionan, de leer programas simples de otros sujetos y de corregir algunos errores de programación. Suele trabajar a nivel de instrucciones simples que va

combinando, pero no se preocupa por crear subrutinas o por utilizar otros programas como partes de un programa más complejo. Sus actividades se caracterizan por la falta de planificación, por el poco interés en optimalizar el uso del código y por el escaso interés en producir un programa que pueda ser leído por otras personas.

Nivel III: Generar programas

Los sujetos de este nivel son capaces de diseñar un programa complejo, anticipar su funcionamiento, localizar sus errores. Son también capaces de leer programas hechos por otras personas. Dominan pues con mucha soltura el lenguaje de programación y su utilización para resolver problemas variados. Sus programas pueden ser complejos; lo que les falta es todo el trabajo necesario para que puedan ser utilizados por otras personas.

Nivel IV: Crear «software»

En este nivel los sujetos, además de poder escribir programas complejos que pueden aprovechar las potencialidades del ordenador, son capaces de diseñar programas para que sean utilizados por otras personas. Esto implica una búsqueda constante de la eficacia y de la optimalización del programa; supone también que se adopte el punto de vista del usuario para facilitarle la utilización del programa.

Es innegable que estos niveles de programación suponen habilidades cognitivas y estrategias de resolución diferentes, o al menos habilidades y estrategias que se manifiestan con niveles de complejidad diferentes; no se puede hablar de programación en general, sin especificar el nivel en el que se sitúa el alumno. Uno de los temas de estudio de estos últimos 15 años ha sido precisamente el de poner de manifiesto las diferencias entre las actuaciones de expertos y novatos en lo que se refiere a sus conocimientos, a sus actividades de planificación, a las reglas que aplican al programar, a sus modelos mentales acerca de lo que el ordenador hace cuando ejecuta el programa o a su manera de detectar los errores («debugging»). Se ha podido demostrar, por ejemplo, que los conocimientos de los expertos en programación están organizados en forma de planes jerárquicos que señalan los pasos a ejecutar para resolver un cierto tipo de problema (por ejemplo, problemas de tipo iterativo que hacen la suma de una serie de números hasta que se alcance una cierta cifra); estos planes pueden estar formalizados a diferentes niveles de generalidad, pero uno de ellos corresponde al nivel de las instrucciones del lenguaje de programación y es lo que se suele denominar «un esquema de programación». Estos esquemas son pues una lista ordenada de «pedazos» de código de un lenguaje determinado organizados según el tipo de pro-

blemas que se ha de resolver. Diversos estudios muestran que los conocimientos de los novatos no están aún organizados en términos de esquemas de programación; se componen de procedimientos expresados en el lenguaje natural (y no en el lenguaje de programación) combinados con algunos fragmentos aislados de conocimientos expresados en lenguaje de programación. (Samurçay, 1987; Soloway, Ehrlich, Bonar, Greenspan, 1982). Una de las tendencias de los principiantes, origen de numerosos errores de programación, es la de transferir el significado y las reglas de funcionamiento de un plan de acciones expresado en lenguaje natural a un plan de acciones que debería expresarse en el lenguaje de programación con sus significados, sus reglas y su organización. Otra de las dificultades reside en las concepciones erróneas o incompletas que tienen los novatos del funcionamiento del dispositivo (la manera cómo ejecutará las instrucciones contenidas en el programa); tener una concepción adecuada requiere elaborar un modelo dinámico de lo que hace el ordenador cuando ejecuta un programa sabiendo simular las operaciones precisas ejecutadas por el ordenador de acuerdo con los datos incluidos en el programa (Spohrer & Soloway, 1986).

La manera de detectar y corregir errores de programación también varía según que los alumnos sean expertos o novatos. Los primeros hacen una lectura del programa siguiendo la ejecución que hará el ordenador de dicho programa, ejecución que no sigue necesariamente el orden de escritura línea por línea sino que sigue lo que se denomina el «flujo de control» que cambia según las particularidades del programa; los novatos suelen leer los programas analizando una línea tras otra (Pea & Kurland, 1984b). Señalemos también el resultado sobre un tema clásico de la psicología cognitiva (la memoria de configuraciones de fichas en el tablero en expertos y novatos en el juego de ajedrez) que ha sido estudiado en el ámbito de la programación: los expertos perciben y recuerdan mayor número de unidades significativas de información que los novatos, cuando dichas unidades tienen un significado funcional para la programación (por ejemplo las teclas con una función similar) (MacKeithen, Reitman, Rueter & Hirtle, 1981).

Citémos, por último, otra línea de investigaciones que se interesa por las operaciones de programación y por la manera y las dificultades que tienen los sujetos en abordarlas. Estas operaciones de programación se refieren a algunas operaciones fundamentales ligadas al manejo de los diferentes lenguajes de programación (repetición de instrucciones, iteración, recursividad, introducir variables en un programa, modularidad, estructura condicional, etc.) (Mendelsohn, 1988; Pirolli & Anderson, 1985; Rogalski, 1987; Rogalski & Sa-

murçay, 1986; Rouchier, 1987; Sutherland, 1989; Vitale, 1990b). Según el lenguaje de programación estas operaciones pueden definirse de manera diferente, pero existen ciertos rasgos comunes ligados a una de las características fundamentales de la programación: la necesidad de explicitar todas las informaciones de manera que el programa pueda controlar lo que la máquina haga o no haga (por ejemplo, cuando se reitera una instrucción necesariamente se ha de indicar el número de veces que se quiere repetir dicha instrucción, control que el sujeto suele hacer de manera inconsciente en tareas no informáticas cuando, por ejemplo, para dibujar un triángulo o para subir una escalera, se para después de repetir una acción un determinado número de veces). Este ejemplo nos demuestra que dichas operaciones, aunque tengan rasgos específicos ligados al lenguaje de programación en concreto, no dejan de ser la traducción de operaciones lógico-matemáticas (iteración, repetición, función, inclusión, etc) en un nuevo lenguaje y en un dispositivo que exige que se expliciten las reglas de su aplicación (de lo contrario el ordenador no ejecuta el programa). A las dificultades que los alumnos encuentran para entender y manejar dichas operaciones en contextos no informáticos, se añaden pues las dificultades de utilizarlas en una nueva situación que exige el empleo de un código preciso.

2.2.2. La edad y el ámbito en el que se programa

Los estudios que acabamos de evocar, al entrar en el análisis cognitivo de los procesos interactivos entre el sujeto y el ordenador nos ayudan a plantear de manera menos ingenua la cuestión de las repercusiones cognitivas de la programación y también nos pueden ayudar a plantear las condiciones adecuadas de una didáctica de la programación para alumnos principiantes.

Una cuestión que permanece sin embargo ausente en todos estos estudios es el aspecto evolutivo de las actividades de programación, aspecto muchas veces desestimado por la psicología cognitiva más centrada en aspectos de cambio microgenético en la situación de resolución de problemas que de cambios ontogenéticos. Algunos investigadores, como Pea y Kurland (1984b) se han planteado la cuestión de los prerrequisitos cognitivos necesarios para la programación (estos autores incluyen la habilidad matemática, la capacidad de procesamiento, el razonamiento analógico, el razonamiento condicional, el pensamiento procedimental y el razonamiento temporal como habilidades cognitivas básicas exigidas por la programación), pero son escasos los estudios que abordan directamente la cuestión evolutiva analizando las etapas y los procesos de cambio a lo largo de la edad en las actividades de programación (Howe, 1980; Mendelsohn, 1991). La

cuestión no sólo nos parece importante desde un punto de vista teórico para entender el proceso constructivo de las operaciones y de las habilidades básicas de la programación sino también desde un punto de vista práctico, con el fin de conocer con más precisión las tendencias y dificultades de los alumnos en las tareas de programación en diferentes momentos de su evolución y poder de esta manera diseñar situaciones educativas más adecuadas.

Esta cuestión nos parece inseparable de otra relativa no ya a la edad de los sujetos sino al tipo de tareas en las que se ejercen las actividades de programación. En efecto, la mayoría de análisis de las actividades de programación en niños se han realizado con el lenguaje LOGO en su modalidad «Micromundo de la Tortuga», por ser una de las modalidades más accesibles para sujetos principiantes y sobre todo para niños. Esto significa que las actividades de programación que hemos expuesto anteriormente versan aquí sobre contenidos muy específicos, espaciales, geométricos y numéricos la mayoría de veces. Es entonces imprescindible considerar no sólo los procesos interactivos entre el sujeto y el ordenador, sino entre el sujeto, el ordenador y el tipo de tarea (entendiendo aquí tipo de tarea como el conjunto de conocimientos y operaciones relativos a un contenido específico) en la que se ejerce la programación (Martí, 1990).

Algunos de estos estudios se centran en el análisis minucioso de algunos aspectos del empleo del lenguaje LOGO utilizado para realizar diversos proyectos gráficos en niños de edades comprendidas entre 8 y 12 años (Blanchet, Thommen & Weiss, 1987; Lawler, 1985; Mendelsohn, 1985, 1991). Estos estudios nos muestran la progresiva relación que establecen los sujetos entre las características figuralas (características de los dibujos que tienen que programar en la pantalla) y las características propias al lenguaje de programación. Los autores distinguen diferentes niveles evolutivos caracterizados por una progresiva organización de las instrucciones LOGO paralela a representaciones cada vez más organizadas de las figuras (Mendelsohn, 1991), y por la progresiva coordinación de dos tipos de control, uno figural (responsable de la descomposición de figuras complejas en unidades significativas que pueden ser reconocidas en diferentes figuras) y otro computacional (que permite organizar las instrucciones del lenguaje en programas adecuados) (Blanchet, Thommen & Weiss, 1987). El trabajo de Lawler (1985), que se basa en un seguimiento minucioso de las actividades de programación de su hija, muestra el cambio de representación de la realidad que se opera en esta niña gracias a la experiencia de la programación. Por ejemplo, la utilización de la estructura repetitiva del lenguaje LOGO conduce, según Lawler a un pensamiento más sistemático.

Otros estudios comparan las actividades en tareas de programa-

ción con tareas similares sin el uso del ordenador, ofreciéndonos entonces una visión más precisa de los cambios que aporta el medio informático en el tratamiento de algunas tareas espaciales y geométricas (Mendelsohn, 1986, 1988). Así, Mendelsohn (1986) compara el dibujo de una forma geométrica compuesta (Fig. 2. 1) realizado por sujetos de 10 años en dos modalidades: un grupo la dibuja sobre papel milimetrado con la ayuda de diferentes utensilios de dibujo (lápiz, goma, compás, regla graduada), y el otro grupo escribe un programa en LOGO que dibuja la figura en la pantalla.

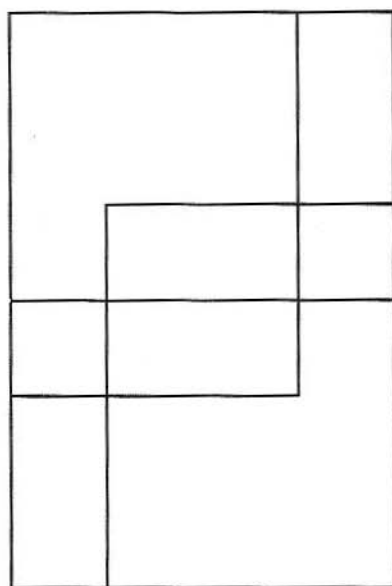


Fig. 2.1.

Figura geométrica que han de dibujar los sujetos de los dos grupos (grupo «gráfico» y grupo «programación») que participan en la experiencia

Después de 48 horas ambos grupos deben recordar la figura dibujándola en una hoja milimetrada. Los resultados muestran una diferencia en las estrategias utilizadas por ambos grupos. Mientras que los sujetos del grupo «programación» hacen una composición basada en formas yuxtapuestas y tienen tendencia a deformar las proporciones, los sujetos del grupo «gráfico» construyen la figura combinando trazos (y no formas), y la reproducen con mayor exactitud. El hecho de haber utilizado el lenguaje de programación LOGO en su modalidad «Micromundo de la Tortuga» activa esquemas gráficos diferentes de los activados por los sujetos que no han programado, esquemas que organizan y descomponen la figura de manera distinta.

El estudio de Dionnet, Martí, Vitale y Wells (1985) pone en evidencia las dificultades que conlleva la programación de proyectos geométricos simples (dibujar un cuadrado, un círculo, combinar varias figuras simples, recorrer un zig-zag en sentido directo y luego inverso, etc.) en tres niños de 10 años que empiezan a programar en lenguaje LOGO, observados durante 5 sesiones de aproximadamente 2 horas de duración cada una. La comparación de este tipo de tareas con otras tareas geométricas que no utilizan la programación, permite poner de manifiesto algunas de las características de la resolución de problemas geométricos utilizando la programación LOGO:

- La necesidad de articular un análisis global de la figura (forma general que se ha de obtener, por ejemplo un círculo) con su análisis local (descomposición de diferentes partes significativas, por ejemplo una pequeña traslación y un pequeño giro que se repiten un número elevado de veces), paralelamente al análisis global y local del programa (diferentes partes del programa que han de componerse de forma adecuada)
- Las dificultades de relacionar las operaciones espaciales (por ejemplo recorrer en sentido inverso un trayecto, lo que supone hacer las acciones en sentido inverso) con las operaciones computacionales que exigen una traducción que puede ser a veces hartamente compleja. Por ejemplo, para lograr la inversión del trayecto ADELANTE 50 DERECHA 70 ADELANTE 30 IZQUIERDA 30 ADELANTE 100, no es correcto escribir la lista de instrucciones empezando por la última hasta la primera como un análisis intuitivo haría trasladando el orden espacial en orden de escritura; hay que modificar también el valor de las instrucciones (poner por ejemplo RETROCEDE en vez de ADELANTE, DERECHA en vez de IZQUIERDA e IZQUIERDA en vez de DERECHA, respetando los valores de los ángulos y de las traslaciones)
- Las dificultades ligadas a la necesidad, cuando se programa, de explicitar una serie de informaciones que el ordenador necesita para llevar a cabo la ejecución del programa, informaciones que suelen quedar sin explicitar en tareas no informáticas pues el sujeto las hace automáticamente. Esto supone el paso del «saber hacer» al «saber hacer hacer», con lo que asemeja el trabajo de programación con tareas de tipo comunicativo que exigen que se expliciten una serie de informaciones sin ambigüedad (utilizando un código compartido) para que el destinatario pueda ejecutar las instrucciones que le damos. Estas dificultades aparecen en situaciones muy variadas y su toma de conciencia puede ser más o menos fácil: por ejemplo decir al ordenador que repita una instrucción pero olvidarse de indicar el

número de veces que se quiere repetir, hacer un dibujo y no tomar en cuenta que el cursor («La Tortuga») finaliza este dibujo con cierta orientación que puede ser incompatible con el dibujo siguiente, olvidar de introducir una instrucción de paro en un programa con llamada recursiva final —al final del programa escribimos de nuevo el nombre del programa, lo que provoca de nuevo una ejecución de todas las instrucciones del programa—, etc.

Los estudios que acabamos de presentar, aunque poco frecuentes si los comparamos a los estudios evaluativos, nos ayudan a comprender mejor las actividades de programación desde una óptica evolutiva, actividades que están planteadas en ámbitos específicos de resolución de problemas. En efecto, sus resultados, aún muy escasos y parcelarios, ponen de manifiesto la incidencia de la programación en los procesos cognitivos de sujetos de diferentes edades cuando resuelven problemas en un ámbito determinado (el espacial-geométrico). De esta manera, no sólo nos pueden indicar con más precisión las dificultades evolutivas en tareas de programación para mejorar la didáctica de esta disciplina, sino que nos acercan a situaciones escolares en las que los alumnos deben aprender determinados conceptos y reglas en un ámbito determinado (en nuestros ejemplos, en el ámbito espacial-geométrico). Lo que ocurre es que, en vistas a una aplicación educativa, todos estos estudios (y también los que hemos presentado en el apartado 2.1.) adolecen de una gran insuficiencia al no considerar las condiciones en las que los sujetos aprenden a programar.

2.3. ¿En qué condiciones aprenden a programar los alumnos?

Numerosos autores ya plantearon desde un principio el sesgo de los estudios que pretenden mostrar los beneficios cognitivos de la programación sin estudiar al mismo tiempo las condiciones en las que se enseña y se aprende la programación. Y muchos de los resultados negativos que se han encontrado en los primeros estudios evaluativos que hemos comentado más arriba se han interpretado, en parte, como una insuficiencia en la enseñanza de la programación, y de manera más general en el entorno más amplio en el que se dan los procesos de enseñanza/aprendizaje (Chen & Paisley, 1985; De Corte, 1990; Hoyles & Noss, 1989; Johanson, 1988; Lepper & Gurtner, 1989; Linn, 1985; Mayer, 1988; Papert, 1987; Salomon, Globerson & Gutterman, 1987; Scardamalia, Bereiter, McLean, Swallow & Woodruff, 1989). Muchos de estos estudios se basan en los resultados que la psicología cognitiva y la psicología de la instrucción han elaborado estos últimos 15 años analizando los procesos de enseñan-

za/aprendizaje de la programación en diversos campos (matemáticas, escritura, física, programación) (Resnick, 1989). He aquí algunas de las principales variables puestas de manifiesto por dichos estudios:

- el diseño del «software» educativo (2) (Scardamalia, Bereiter, McLean, Swallow & Woodruff, 1989)
- la duración y la intensidad del aprendizaje (Palumbo, 1990; Pea & Kurland, 1984b)
- considerar variables pertinentes de los alumnos para el aprendizaje como pueden ser sus conocimientos previos, sus motivaciones o sus estrategias de aprendizaje (De Corte, 1990; Hoyles, Noss, & Sutherland, 1989; Lepper & Chabay, 1988; Snow, 1986)
- clarificar las intenciones curriculares (que pueden consistir tanto en conocimientos específicos de un campo, como en estrategias de resolución de problemas o de aprendizaje o en habilidades metacognitivas) (Perkins & Salomon, 1989)
- diseñar una situación de enseñanza/aprendizaje consecuente con estas intenciones curriculares (Johanson, 1988; Klahr & Maccoby Carver, 1988; Swan, 1989; Verschaffel, De Corte & Schrooten, 1990)
 - promover un contexto social favorable para el aprendizaje (aprendizaje en situación, posibilidad de interactuar con expertos, promover la cooperación entre grupos, aumentar la motivación intrínseca, promover el diálogo y la discusión en el aula (Daiute, 1986; De Corte, 1990; King, 1989; Webb, 1984)
 - promover procesos interactivos entre el profesor y el alumno que sean favorables para el aprendizaje (modelado, andamiaje, retroalimentación, ayuda al estudiante para que explicita sus conocimientos y procedimientos y para que los compare con otros estudiantes o con expertos, alentar la exploración) (Collins, Brown & Newman, 1989; De Corte, 1990)
- evaluación de los objetivos instruccionales (De Corte, 1990)

Esta lista de variables, aun no siendo exhaustiva, muestra bien la dificultad de estos estudios que intentan analizar las actividades de programación en toda su complejidad: no sólo, como hacían los estudios anteriores, analizando los procesos cognitivos de los sujetos que

utilizan el ordenador en un ámbito bien determinado, sino además analizando los procesos presentes en la situación de enseñanza-aprendizaje. Cada estudio pone el énfasis en algún aspecto determinado pero todos parten de un postulado común: el hecho de aprender a programar no aporta por sí solo todos los beneficios (o perjuicios) que se pueden suponer que aporta con un análisis a priori de la actividad de programación. Depende de las condiciones en las que se ha realizado este aprendizaje.

Algunos de estos estudios recogen la cuestión central que nos ha ocupado a lo largo de estas páginas (¿qué beneficios o perjuicios cognitivos aporta la programación?) pero haciendo hincapié en la importancia de la situación de enseñanza-aprendizaje. Son estudios que cuidan de manera especial la definición de los objetivos instruccionales y que se interesan por el tipo de intervenciones del profesor en el proceso de enseñanza de la programación. Muchos de estos estudios muestran entonces que los resultados bastante negativos de los primeros estudios evaluativos son reemplazados por resultados más positivos. Estos resultados demuestran que en contextos educativos adecuados en los que se enseñan de manera sistemática determinadas habilidades cognitivas presentes en la programación, éstas pueden ser aprendidas aunque sean habilidades generales (planificación, detección y corrección de errores «debugging», metacognición, etc.) (Clements, 1986, 1990; De Corte & Verschaffel, 1986; Lehrer, Guckenberger & Sancilio, 1988; Littlefield, Delclos, Lever, Clayton, Bransford & Franks, 1988; Maccoby Carver, 1988). A la luz de estos estudios, la cuestión de la transferencia de habilidades cognitivas desde la programación a otros dominios toma pues un cariz más positivo siempre y cuando esta transferencia sea uno de los objetivos curriculares y que los alumnos las abstraigan y las expliciten en el contexto de la programación y que las utilicen en otros contextos con el fin de descontextualizarlas. En relación con este tema, Salomon y Perkins (1989) hablan de dos maneras de lograr una transferencia; una sería la activación espontánea en un nuevo contexto de una habilidad ejercida en otro contexto (transferencia denominada «low-road»), la otra sería la que se consigue a través de la abstracción consciente de una habilidad ejercida en un contexto y su aplicación en un segundo contexto (transferencia denominada en este caso «high road»). Los estudios sobre la programación muestran, sin lugar a dudas, la dificultad de obtener transferencias espontáneas («low road») en aptitudes generales pero apuntan, como lo acabamos de constatar, la posibilidad de conseguir esta transferencia si es el fruto de un trabajo sistemático de abstracción y explicitación (transferencia «high road»).

El mérito de estos estudios, al poner en evidencia los parámetros

presentes en una situación de enseñanza-aprendizaje, es que nos permiten acercarnos más a las situaciones reales de las aulas. No es pues de extrañar que muchos de estos estudios se hayan realizado en un contexto escolar y con estrecha colaboración de los profesores. Entre ellos destacan los estudios realizados por un equipo de investigadores en torno al «LOGO Maths Project» del Instituto de Educación de la Universidad de Londres (Hoyles, 1986; Hoyles & Noss, 1987, 1988; Noss, 1986; Noss & Hoyles, 1988; Sutherland, 1989). Este programa de investigación educativa pretende utilizar algunos Micromundos basados en el Lenguaje LOGO creando en torno a ellos un contexto educativo apropiado para el aprendizaje de las matemáticas dentro de la institución escolar y en relación con el currículum de las matemáticas. Los objetivos curriculares están claramente definidos de antemano (por ejemplo el paso de estrategias aditivas a estrategias multiplicativas en la utilización de la proporción (Hoyles, Noss & Sutherland, 1989) se diseñan entonces unas actividades ligadas a la utilización del ordenador que permiten la exploración y elaboración de conceptos y reglas matemáticas determinadas (los alumnos trabajan en grupos de dos siguiendo determinados proyectos); sin olvidar el plan didáctico de intervenciones del profesor y de diálogo con los alumnos que pueda permitir los objetivos planteados (Ver Cap. 6 para una exposición más detallada de uno de estos Micromundos). Para estos autores, el ordenador, en estas condiciones, puede introducir una diferencia cualitativa en lo que los alumnos pueden hacer y entender de los conceptos que se trabajan, actuando como una especie de andamiaje cognitivo para lograr aprendizajes más significativos (Hoyles, Noss & Sutherland, 1989, p. 210).

Aunque hayamos separado de manera algo maniquea los autores y los argumentos optimistas de los pesimistas es innegable que el planteamiento del impacto del ordenador raras veces conduce a una dicotomía tan clara. Lo que nos parece más correcto es señalar, como hacen muchos autores, al mismo tiempo las potencialidades de los ordenadores para ciertos usos en condiciones bien determinadas y al mismo tiempo las limitaciones del uso de los ordenadores y sus efectos inútiles o hasta nefastos en otras circunstancias. Si no, caemos en posiciones totalmente tecnocéntricas y empiristas, considerando que es el ordenador en sí mismo el único responsable del cambio (negativo o positivo) y no las múltiples variables de su utilización que hacen que el ordenador sea tan sólo uno de los factores del posible cambio (Lepper y Gurtner, 1989; Martí, 1988; Salomon y Gardner, 1986)

NOTAS

- (1) Señalemos también los resultados de los más de 200 estudios que se han realizado estos últimos 20 años en torno al EAO, la forma más tradicional y frecuente de concebir la utilización educativa de los ordenadores. El balance es globalmente positivo: el EAO produce una mejora en variadas medidas del éxito académico aproximadamente en el 60% de los estudiantes (Niemec y Walberg, 1987). Más interesantes son los resultados que analizan algunas de las fuentes de variación: parece que los efectos positivos son más fuertes cuando se emplean programas tutoriales y no programas sencillos de «drill and practice» (adiestramiento y práctica), los resultados son mejores en alumnos jóvenes y también en alumnos con bajos niveles de competencia.

Los resultados de estos estudios poseen, a nuestro entender, dos limitaciones importantes. La primera es que no muestran los procesos psicológicos a través de los cuales los efectos del EAO se realizan; en efecto, toman la experiencia con ordenadores como una variable externa (un Estímulo) que incidiría en el sujeto (caja negra) mostrando algunos efectos en su comportamiento (Respuesta) siguiendo un planteamiento teórico obsoleto. La segunda es de orden metodológico y se refiere a las posibles variables concurrentes (efecto de novedad, atención adicional, diferencia en el estilo de enseñanza, diferencias en la materia de enseñanza, etc.) que podrían explicar la diferencia entre el grupo EAO y el grupo de control en muchos de los estudios que han planteado el diseño experimental con pocas precauciones metodológicas (Lepper y Gurnter, 1989).

- (2) Hablar aquí de «software» educativo puede sorprender al lector pues la mayoría de nuestros ejemplos anteriores se refieren a la utilización y aprendizaje de algún lenguaje de programación (principalmente el lenguaje LOGO). Pero, por otro lado, muchos de los puntos que estamos discutiendo ahora (impacto de la utilización del ordenador, estudio de los procesos interactivos sujeto/ordenador, estudio de los procesos interactivos en la situación de enseñanza/ aprendizaje) se aplican no sólo a la actividad de programación sino también a la utilización de algún programa de ordenador más cerrado o a una adaptación del lenguaje de programación (como el Micromundo de la Tortuga o una selección de algunas instrucciones de este Micromundo o de otro que el investigador crea para sus objetivos). Podemos hablar pues de forma genérica de «software educativo», siendo conscientes de que este término esconde una variedad enorme de aplicaciones que pueden ir de un programa muy estructurado y cerrado de tipo EAO hasta un lenguaje de programación complejo como LOGO, pasando por diferentes Micromundos elaborados por el profesor o el investigador a partir de un lenguaje de programación y sin olvidar los programas tutoriales o las utilidades como pueden ser los procesamientos de texto o las hojas de cálculo.

CAPÍTULO 3

TEORÍAS DEL APRENDIZAJE Y UTILIZACIÓN EDUCATIVA DE LOS ORDENADORES (I)

La elección de cualquier estrategia en la utilización de los ordenadores en la enseñanza viene determinada, explícita o implícitamente, por las diferentes concepciones que se tienen sobre los procesos de aprendizaje. Son estas teorías sobre el aprendizaje, como veremos, las que determinan en gran manera el tipo de situaciones didácticas elegidas (tanto el tipo de «software» como el tipo de entorno educativo). Nos parece pues esencial señalar las relaciones entre las principales teorías del aprendizaje y las diferentes maneras de aplicar la informática con el fin de clarificar las diferentes opciones posibles cuando se trata de utilizar los ordenadores en la enseñanza y para fundamentar de manera coherente nuestra propuesta.

Hemos seguido un orden que corresponde, a grandes rasgos, al orden histórico en el que las diferentes opciones teóricas han ido influyendo en la utilización educativa de los ordenadores: 1) el conductismo, 2) el procesamiento de la información y la Inteligencia Artificial, 3) la síntesis de Papert entre la Inteligencia Artificial y la teoría genética de Piaget, y 4) la síntesis entre constructivismo, psicología de la instrucción y teorías de la mediación. Al exponer estos cuatro enfoques teóricos seremos voluntariamente sintéticos. Nuestra intención no es ofrecer una visión completa de cada enfoque, objetivo que requeriría una exposición mucho más detallada, sino relacionar las opciones principales de la aplicación educativa de la informática con sus postulados teóricos correspondientes. Para una información más deta-

llada de algunas de estas opciones, remitimos al lector al libro de Pozo (1989) «*Teorías cognitivas del aprendizaje*»

3.1. La tradición conductista: transmisión de conocimientos

Aunque el conductismo no sea hoy un movimiento teórico dominante en psicología como lo fue hace medio siglo, sigue dando muestras de vitalidad sobre todo en el ámbito de las aplicaciones. Uno de estos ámbitos es precisamente el de la enseñanza asistida por ordenadores. Pero antes de analizar esta aplicación identifiquemos los postulados básicos del conductismo relativos al aprendizaje.

A pesar de la diversidad de formas que ha adoptado el conductismo desde sus inicios hasta nuestros días y a pesar de que sus principios son más de naturaleza metodológica (recordemos su insistencia en estudiar la conducta observable controlada por el ambiente) que verdaderamente teórica, podemos distinguir, como lo indica Pozo (1989), varios postulados centrales comunes a la mayoría de las propuestas conductistas sobre el aprendizaje (1).

3.1.1. *Concepción del aprendizaje*

Inspirándose en la teoría empirista del conocimiento, los conductistas consideran la asociación como uno de los mecanismos centrales del aprendizaje; de asociación en asociación (entre estímulos o entre una respuesta y sus consecuencias) se puede ir modificando la conducta y aprender algo nuevo. Pero como la posibilidad de establecer asociaciones viene guiada por las relaciones entre los estímulos externos, lo que se está aprendiendo refleja las contingencias y covariaciones de la realidad externa; la organización de la conducta está en correspondencia con la organización de la realidad externa. Una de las consecuencias directas de este mecanismo asociacionista es que la conducta, por compleja que sea, es reductible en última instancia a una serie de asociaciones entre elementos simples (estímulos y respuestas). Ésta es la propuesta más radical de algunos conductistas (por ejemplo de Skinner) que defienden a ultranza este reduccionismo y no aceptan la existencia de procesos mentales que medien entre los estímulos y las respuestas. Pero algunos conductistas, sobre todo a partir de las propuestas de Hull, introducen variables mediacionales entre el estímulo y la respuesta. A diferencia de los conductistas más radicales, estos autores (que suelen denominarse «neoconductistas») no niegan pues la existencia de procesos mentales. Pero defienden que estas variables que median entre los estímulos y las respuestas están en clara correspondencia (son isomorfas) con las variables observables externas. Los procesos mentales, si existen, son pues una copia de la realidad. Lo que es común a todos los conductistas es pues esta idea

de la correspondencia entre el aprendizaje (esté o no mediatizado) y la realidad externa.

El otro mecanismo solidario a la asociación es el reforzamiento. En el condicionamiento clásico, la asociación entre estímulos debidamente reforzada es la que hace que el sujeto dé una respuesta que no aparecía antes del reforzamiento. En el condicionamiento operante, las acciones del sujeto seguidas de un reforzamiento adecuado tienen tendencia a ser repetidas (si el reforzamiento es positivo) o evitadas (si el reforzamiento es negativo). En ambos casos, el control de la conducta viene del exterior.

Estos mecanismos básicos del aprendizaje son aplicables, según los conductistas, a cualquier ambiente, especie o individuo. Es posible pues generalizar las leyes del aprendizaje de la rata estudiada en condiciones de laboratorio al sujeto humano que aprende una conducta nueva y compleja en cualquier situación. Tanto los sujetos que aprenden, como las situaciones o los contenidos de aprendizaje son intercambiables los unos con los otros. Una de las razones es que todos los estímulos o respuestas son equivalentes: cualquiera de ellos puede asociarse con la misma facilidad y siguiendo las mismas leyes asociativas a cualquier otro estímulo o respuesta. El aprendizaje es controlado únicamente por las leyes de asociación; el significado o el contenido de los elementos asociados no afecta al aprendizaje.

Estos postulados conductistas conducen pues a proponer situaciones educativas en las que los procesos de aprendizaje son concebidos de manera peculiar.

1. El sujeto tiene un rol fundamentalmente pasivo en el proceso de aprendizaje pues responde a las contingencias ambientales. La manera esencial de consolidar estas contingencias es el reforzamiento.
2. La organización de sus aprendizajes viene de fuera; hay en efecto una correspondencia necesaria entre la organización de su aprendizaje y la organización de la realidad externa.
3. Los aprendizajes pueden ser descompuestos y fragmentados en unidades básicas elementales (la asociación entre estímulos y respuestas).
4. El control y el principio motor de la conducta del sujeto es externo pues el aprendizaje no es una cualidad intrínseca del sujeto sino que necesita ser impulsado por el ambiente.
5. Todos los sujetos vienen guiados por las mismas leyes del aprendizaje.
6. Como todos los estímulos (y respuestas) son equivalentes entre sí, el aprendizaje no se ve afectado ni por el contexto en el que se realiza ni por su contenido.

3.1.2. *La enseñanza asistida por ordenadores: EAO de práctica y ejercitación.*

De estos principios surge una situación educativa basada prioritariamente en la transmisión de conocimientos, en la que la actividad de los alumnos se reduce a establecer asociaciones reforzadas externamente. La organización de los aprendizajes viene regida desde fuera y se traduce principalmente por un esfuerzo en organizar la materia en unidades elementales que son todas del mismo tipo independientemente del contenido de los aprendizajes.

Esta situación de aprendizaje es la que domina en las primeras aplicaciones de los ordenadores en la enseñanza durante las décadas de los años 60 y 70, en clara continuidad con la enseñanza programada defendida por Skinner (1970). Las primeras utilizaciones de los ordenadores recogen en efecto las técnicas que ya se utilizan desde la década de los años 50 en la enseñanza programada y que consisten en la presentación secuencial de preguntas y en la sanción correspondiente de las respuestas de los alumnos.

Esta utilización del ordenador que se basa en los postulados conductistas, denominada EAO (Enseñanza Asistida por Ordenador) —o CAI en inglés (Computer Assisted Instruction)(2)— se centra prioritariamente en programas que facilitan la ejercitación y la práctica de contenidos de enseñanza muy precisos y que requieren muchas veces una ejercitación para que sean memorizados (sumas horizontales, tablas de multiplicación, operaciones con quebrados o con decimales, álgebra elemental, reconocimiento de letras, reglas sintácticas, vocabulario, iniciación a la lectura). En principio, cualquier contenido curricular que pueda ser descompuesto en unidades sencillas que exijan una respuesta única puede ser adaptado en un EAO de este tipo. El acento está puesto pues en la materia, que se estructura y se fragmenta de tal modo que cada unidad tiene su independencia. El alumno responde entonces a una unidad: si su respuesta es correcta, recibe una señal que le indica que ha acertado y se le presenta entonces otra unidad. Por ejemplo, en un EAO para ejercitar y aprender la suma horizontal de dos dígitos el alumno empieza con unidades sencillas, al alcance de su nivel de competencia. El ordenador le puede proponer:

$$4 + 5 = \underline{\quad}$$

Si el alumno responde adecuadamente el ordenador le presenta entonces una unidad siguiente, algo más compleja. Por ejemplo:

$$7 + 8 = \underline{\quad}$$

y así sucesivamente.

Cuando el alumno da una respuesta errónea (o, en algunos programas, tarda demasiado en responder), el ordenador le informa que se ha equivocado. En algunos casos le da otra posibilidad para que acierte, en otros casos el mismo ordenador da la respuesta correcta. Los ejercicios incorrectos vuelven a ser presentados al alumno posteriormente. Los ejercicios se acaban cuando el alumno alcanza un nivel de competencia suficiente (para consultar más ejemplos de este tipo de EAO véase Solomon, 1987; Taylor, 1980).

Con este ejemplo nos damos cuenta de que la naturaleza de las interacciones entre el alumno y el ordenador dependen totalmente del programa, tanto de la cantidad de información que contiene como de su organización. El control del aprendizaje es externo, lo asume el ordenador. En coherencia con los postulados conductistas vemos también que la repetición del mismo tipo de unidades sancionadas por reforzamientos positivos constituye el mecanismo fundamental del aprendizaje. No se tienen en cuenta los procesos que llevan al alumno a responder de una determinada manera; lo único que es evaluado y controlado es la respuesta. La naturaleza de los errores no es tenida en cuenta.

Señalemos también que, en acorde con otro de los postulados del conductismo —el de la equivalencia de los estímulos y las respuestas—, todas las materias (ejercicios de matemáticas, de lengua, de ciencias) están organizadas de la misma forma. Los contenidos cambian, pero los mecanismos básicos que dirigen el aprendizaje son los mismos (repetición, asociación, refuerzo). Esto hace que se le presente al alumno una misma situación de aprendizaje (basada en respuestas precisas y en reforzamientos) y una misma estructuración de la materia (fragmentación en unidades elementales) para cualquier tipo de aprendizajes.

Este análisis nos lleva a ser muy críticos con la mayoría de los objetivos perseguidos por este tipo de EAO. He aquí los objetivos fundamentales y sus limitaciones.

- (a) Una de las ventajas de estos EAO es la facilidad de su utilización. A diferencia de otras aplicaciones que analizaremos más adelante, los EAO de ejercitación y práctica no exigen ningún aprendizaje previo ni ninguna familiarización con el material. Esto puede constituir una ventaja en las primeras fases de contacto entre los alumnos y los ordenadores y puede evitar también una pérdida de motivación producida por situaciones en las que la manipulación del ordenador es compleja y los resultados más difíciles de obtener. La facilidad de utilización es, sin lugar a dudas, una de las cualidades de este tipo de aplicaciones.

Pero esta facilidad de utilización tiene su contrapartida: el margen dejado a la iniciativa y a la acción del alumno se reduce a su mínima expresión, lo que puede ser fuente de desinterés. El protagonista no es el alumno sino el ordenador. Del concepto de «enseñanza programada» se puede pasar peligrosamente al de «alumno programado».

- (b) Los EAO de ejercitación y práctica aprovechan una de las características básicas del ordenador: su interactividad. El alumno recibe de manera inmediata una evaluación de su respuesta, y puede proponer otra si la primera es incorrecta. Esto puede facilitar su motivación. Lo que ocurre es que el alumno no sabe el porqué de sus errores (éstos no son considerados por el ordenador) y no obtiene ninguna indicación que pueda rectificar los procesos y las estrategias que le han conducido a un resultado erróneo. En este sentido este tipo de programas no ofrece una guía adaptada al alumno. La motivación es básicamente extrínseca y la falta de información cualitativa sobre los errores puede descorazonar a más de un alumno.
- (c) Este tipo de EAO puede ser útil para que el alumno adquiera habilidades básicas que requieran práctica para su afianzamiento y automatización (pensemos, por ejemplo, en la reconocimiento de letras y números, en algunas sumas y restas elementales o en las tablas de multiplicar). Es cierto que muchas adquisiciones nuevas requieren habilidades básicas que han de ser manejadas con soltura por el alumno (Gagné, 1982). En este sentido, los EAO de ejercitación y práctica pueden favorecer la automatización de ciertas habilidades básicas necesarias para aprendizajes más complejos.

Lo que nos parece más criticable es que cualquier contenido de aprendizaje requiera la misma fragmentación en pequeñas unidades a través de las cuales el alumno tiene que ir progresando. Esta fragmentación puede ser adecuada para contenidos (como algunas habilidades muy elementales) que se presten a un análisis de este tipo, uniforme y reductor, pero resultan inaptas en la mayoría de los casos en los que el alumno va progresando en su aprendizaje de manera mucho menos lineal a como lo hace en los EAO de ejercitación y práctica. Pensemos por ejemplo en el aprendizaje del concepto de proporción. Lo que muchas investigaciones han puesto de manifiesto es la importancia del paso de una estrategia aditiva a una estrategia multiplicativa y la dificultad que tienen los alumnos para pasar de una a otra (Hoyles, Noss y Sutherland, 1989; Piaget e

Inhelder, 1955). Analizar este tipo de errores y tendencias en la adquisición de cualquier concepto o habilidad nos parece necesario para poder diseñar situaciones de aprendizaje que tengan en cuenta los procesos manifestados por los alumnos cuando abordan dicho aprendizaje. Los postulados conductistas sólo recogen los mecanismos universales de la asociación y del refuerzo y al no tener en cuenta un análisis más cualitativo de los procesos del alumno que median en los diferentes aprendizajes, optan por organizar el aprendizaje de manera externa y uniforme.

- (d) Los EAO de ejercitación y práctica persiguen una enseñanza individualizada. El alumno va desarrollando los ejercicios a su ritmo. La memoria del ordenador hace posible que se tengan en cuenta los ejercicios ya realizados lo que permite proponer al alumno ejercicios correspondientes a su nivel en la sesión siguiente. Esta individualización aparece sin embargo como muy elemental; tiene en cuenta el ritmo de realización de los ejercicios, pero el ordenador no canaliza ni guía al alumno según la calidad de sus respuestas o según los procesos que pone en funcionamiento cuando responde a las preguntas.

Desde su creación en la década de los años 50, los programas EAO de ejercitación y práctica se han ido modificando por razones técnicas (la accesibilidad a ordenadores más potentes que permiten un soporte lógico —«software»— más complejo, y un soporte físico —«hardware»— más adaptado al usuario) y porque han ido integrando algunos de los resultados del análisis de los procesos de aprendizaje.

Se ha pasado, por ejemplo, de programas muy sencillos y repetitivos a programas que cuidan el diseño del Micromundo en el que se proponen los ejercicios al alumno para conseguir una situación más motivante y lúdica. Efectos especiales (sonoros, audiovisuales) y situaciones de resolución de problemas cercanas al juego permiten conseguir programas que simulan situaciones más atractivas para el alumno. Por ejemplo, en un programa cuyo objetivo es que el alumno ejercite operaciones básicas (suma, resta, multiplicación y división) se simula una carrera de coches, y cada vez que el alumno acierta una respuesta con rapidez su coche avanza de manera proporcional; en otro programa dedicado a las fracciones, el alumno ha de lanzar un dardo en puntos determinados de una línea continua (que va de 0 a 2) y para ello debe indicar el número fraccionario que corresponde exactamente a estos puntos (ver, para más detalles de estos y otros ejemplos de programas de este tipo, Solomon, 1987, pp. 47-86). En estos ejemplos, como en los múltiples «software» de ejercitación y

práctica que existen actualmente en el ámbito educativo, el logro consiste en aprovechar algunas de las características del medio informático: no sólo su interactividad que permite la creación de situaciones de resolución de problemas en los que el hecho de alcanzar el objetivo (ir más deprisa, lanzar el dardo a un punto determinado) requiere que se pongan en práctica ciertas habilidades o conocimientos básicos, sino también su dinamismo audiovisual que permite crear situaciones más variadas y móviles. Con estas situaciones próximas al juego, se logra seguramente una mayor motivación por parte del alumno. Pero esta motivación sigue siendo extrínseca (depende de los reforzamientos de las respuestas y de los efectos especiales asociados) y tanto el grado de iniciativa del alumno como la posibilidad de que el ordenador se adapte al tipo de errores o estrategias que siguen los alumnos para resolver los problemas sigue siendo muy reducido.

El análisis más detallado de las actividades de los alumnos cuando aprenden ha modificado también el tipo de EAO propuesto estos últimos años si lo comparamos con el tipo de EAO de hace 20 ó 30 años. Los programas han ido integrando algunos aspectos significativos del tipo de resolución y de los errores que presentan los alumnos cuando resuelven un determinado tipo de problema. Y algunos programas adoptan una organización de la materia que tiene en cuenta no sólo la estructura de los estímulos en pequeñas unidades elementales sino que también enfatiza algunos aspectos ligados con los procesos de resolución de los alumnos. Así lo indica, por ejemplo, un EAO («restando con bastones») cuyo objetivo es enseñar el algoritmo de la sustracción en columna con números de dos cifras (Solomón, 1987, p. 63). En este programa, la cifra de las decenas viene acompañada por grupos de 10 bastoncillos y cuando la unidad del sustraendo es mayor se le indica al alumno que puede abrir uno de estos paquetes para obtener bastones sueltos y poder efectuar así la resta en la columna de las unidades; automáticamente, si deshace un paquete y lo pasa a las unidades, disminuye en uno la cifra de las decenas.

Esta realización tiene la ventaja de ofrecer al alumno un medio concreto para abordar una de las dificultades principales de la resta en columna (las modificaciones que se han de introducir cuando la cifra de arriba es menor que la del sustraendo). En este sentido, el identificar los errores más significativos que cometen los sujetos en este tipo de tareas, constituye un avance en relación con los EAO que no hacen un análisis previo de la tarea.

Pero esta tendencia es la que predomina precisamente en el tipo de situaciones de aprendizaje con ordenadores que proponen los autores del procesamiento de la información y de la Inteligencia Artificial. Veamos a continuación algunos de los postulados básicos que ri-

gen estos enfoques, lo que nos permitirá apreciar la naturaleza del «software» diseñado a partir de ellos.

3.2. El procesamiento de la información y la Inteligencia Artificial: modelizar la actividad del alumno

Una de las insuficiencias principales de los EAO basados en la concepción conductista del aprendizaje es que no consideran los procesos y las estrategias del aprendiz a la hora de diseñar sus programas. Las interacciones entre el alumno y el ordenador vienen determinadas totalmente por una organización de la materia en pequeñas secuencias lineales, y el tipo de interacciones entre el alumno y el ordenador a lo largo del aprendizaje está supeditado a la secuencia de refuerzos que se dan al alumno cuando se equivoca. La principal aportación del procesamiento de la información y de la Inteligencia Artificial en la creación de nuevas situaciones de aprendizaje reside precisamente en el énfasis puesto en la actividad del sujeto como procesador activo de la información y en la utilización de la simulación por ordenador de conductas inteligentes con el fin de seguir con más detalle el funcionamiento mental humano.

El enfoque del procesamiento de la información, a diferencia de las posiciones clásicas del conductismo, pero al igual que otros modelos cognitivos —como el de Piaget, y el de Vygotsky—, se basa en el postulado general siguiente: la conducta del sujeto está determinada por sus representaciones y el estudio de éstas requiere un nivel de discurso propio. Entre los estímulos y las respuestas existe pues un nivel mental intermedio con sus unidades y sus reglas. Lo que distingue entonces a los autores del procesamiento de la información de otros autores que aceptan también este postulado cognitivo general es la naturaleza de los procesos mentales; ellos los definen básicamente como una serie de operaciones simbólicas elementales (codificar, comparar, localizar, almacenar, reemplazar, etc.) que permiten procesar información (Gardner, 1987). Cualquier comportamiento es analizado en términos de un intercambio de información entre el sujeto y el medio, intercambio que se consigue mediante la manipulación de símbolos. La concepción del ser humano como procesador de información se basa en la analogía entre la mente humana y el funcionamiento de un ordenador: ambos se caracterizan por un tratamiento de la información, tratamiento que se efectúa a través de operaciones básicas de codificación y manipulación de esta información en forma de símbolos (Boden, 1984; Johnson-Laird, 1990; Vega, 1982). De ahí que algunos de los autores que se acogen al enfoque del procesamiento de la información utilicen el ordenador para simular diferen-

tes comportamientos. Esta disciplina se denomina «Inteligencia Artificial»: la elaboración de programas informáticos que hagan ejecutar al ordenador conductas que, si hubiesen sido realizadas por los hombres, hubiesen sido consideradas como inteligentes. De manera más general, el objetivo de la Inteligencia Artificial es estudiar los procesos mentales mediante el diseño de programas que simulen diferentes comportamientos humanos (memoria, percepción de formas, resolución de problemas, comprensión del lenguaje, comunicación, etc.). El hecho de encontrar una serie de instrucciones precisas que permitan al ordenador ejecutar una conducta inteligente supone analizar y estudiar con precisión dicha conducta inteligente. La programación es pues una herramienta para estudiar el comportamiento humano (Gardner, 1987; Minsky y Papert, 1973; Schank, 1986).

3.2.1. *Concepción del aprendizaje*

El sujeto del procesamiento de la información, a diferencia del sujeto del conductismo es un sujeto activo, que busca, selecciona y procesa información. Además, las unidades elementales del conductismo (estímulo y respuesta) se ven sustituidas en el procesamiento de la información por procesos cognitivos básicos (de atención, de memoria) que poseen los sujetos. Esto hace que el procesamiento de la información, a diferencia del conductismo, no defiende que la organización de la actividad del sujeto venga de fuera, de los estímulos, sino que postula que habrá interacción entre las variables del sujeto (que dependerán de sus estructuras y procesos mentales) y las variables de la tarea. Por esto, uno de los temas de predilección de los autores del procesamiento de la información es seguir las estrategias que emplean los sujetos para resolver diferentes problemas y analizar sus errores de ejecución.

A pesar de estas diferencias, el procesamiento de la información, al igual que el conductismo, se basa en última instancia en reglas sintácticas que determinan cómo se agregan y combinan las diferentes unidades de información, pero sin analizar los significados de estas unidades. En este sentido, tanto las propuestas E-R de Skinner como la mayoría de descripciones del procesamiento de la información constituyen modelos mecanicistas en los que la satisfacción de ciertas condiciones acarrea de manera automática una serie de consecuencias, sin que se pueda hablar de verdaderos objetivos o intenciones del sujeto. A diferencia del conductismo, el procesamiento de la información aporta una complejidad en la elaboración de la información (debido a las múltiples variables mediacionales propias del sujeto o de cualquier máquina capaz de procesar la información); pero al igual que él, su núcleo fundamental es el de un asociacionismo basa-

do en reglas formales sin interés por los significados, por lo que se le puede denominar «asociacionismo computacional» (Pozo, 1989). Por esto, muchas de las insuficiencias del conductismo que hemos señalado anteriormente, aprarecen también en el procesamiento de la información: generalidad de la leyes que rigen el funcionamiento mental, poca relevancia de los contenidos y significados, fragmentación de las unidades de procesamiento, ausencia de organización interna propia.

Esta visión en clara continuidad con el conductismo, aunque concede un mayor protagonismo al sujeto, no se preocupa por los cambios cognitivos. Numerosos autores han señalado este desinterés del procesamiento de la información por la explicación del aprendizaje o de la evolución de los comportamientos de los sujetos. Contrariamente a teorías como las de Vygotsky o Piaget que hacen de la explicación genética de cualquier comportamiento un requisito para su comprensión y explicación, el procesamiento de la información no incluye los mecanismos de cambio como parte inherente de sus propuestas. El énfasis está puesto en explicar y describir cómo a partir de ciertas estructuras y procesos básicos los sujetos actúan en una tarea determinada, pero no en explicar cómo han sido construidas estas estructuras y procesos elementales. Por esto, los análisis minuciosos en términos de procedimientos y estrategias que los sujetos emplean para resolver un problema o los programas detallados que simulan diferentes comportamientos inteligentes nos dan una visión mucho más compleja y elaborada del funcionamiento mental que la que nos ofrece el conductismo, pero no consiguen darnos una explicación de la dinámica del cambio. Y aunque se interesan por detectar los errores que cometen los sujetos cuando resuelven un problema, muchos de estos errores permanecen inexplicables al no estar interpretados dentro de una teoría evolutiva o una teoría del aprendizaje capaz de indicar los mecanismos del cambio cognitivo (3).

Uno de los campos de estudio más fructíferos estos últimos años con clara incidencia en la elaboración de «software» educativo ha sido el de la comparación entre expertos y novatos. El interés en esta cuestión deriva en parte de las insuficiencias de los primeros modelos generales de procesamiento cuya intención era explicar el funcionamiento cognitivo de los sujetos mediante principios generales aplicables a cualquier situación. Así, en la década de los años 70, Newell y Simon (1972) con su modelo «General Problem Solving» (Resolutor General de Problemas) muestran que diferentes tareas (demostrar teoremas matemáticos, jugar al ajedrez, resolver problemas — torre de Hanoi, los misioneros y caníbales, criptoaritmética, etc.—) pueden ser resueltas siguiendo un método similar (analizar la tarea en términos de medios-fines, evaluar la distancia entre el estado inicial

del problema y el objetivo, seleccionar el operador que permita disminuir esta distancia); el sujeto puede además utilizar estrategias que facilitan la resolución como descomponer el problema en subproblemas o descartar factores que complican la situación. Estos modelos generales de procesamiento entran pronto en contradicción con una serie de estudios que muestran la importancia de los conocimientos específicos que han de tener los sujetos (o el ordenador) para resolver con eficacia un problema determinado. Dicho de otro modo, la capacidad formal (sintáctica) de procesamiento ha de ir acompañada por conocimientos específicos (competencia semántica). Numerosos estudios psicológicos han comparado la eficacia de resolución entre sujetos expertos y novatos en numerosas áreas (tareas matemáticas, lectura, programación de ordenadores, tareas de medicina, arquitectura, psicología, política, etc.) (ver por ejemplo Chi, Glaser y Farr, 1988). Los resultados muestran que la diferencia fundamental entre expertos y novatos reside en la diferencia de conocimientos (tanto su cantidad como su organización) y no en los procesos cognitivos básicos o en capacidades cognitivas generales; muestran también que la pericia está circunscrita en áreas específicas de conocimiento y que es un efecto de la práctica acumulada. Estudios complementarios desde la Inteligencia Artificial diseñan sistemas expertos capaces de resolver problemas complejos en áreas muy determinadas con gran eficacia. Una de las condiciones de éxito de estos programas es que posean una amplia base de conocimientos en un dominio restringido (Hart, 1986).

Todos estos esfuerzos para determinar el funcionamiento experto y su diferencia con el del novato nos aportan una serie de datos importantes a la hora de diseñar situaciones didácticas: nos señalan la importancia no sólo del aumento cuantitativo de conocimientos y de la automatización de ciertas destrezas debido a la práctica, sino también la del cambio en la organización de los conocimientos (mayor articulación jerárquica entre conocimientos de diferente complejidad) y la de la capacidad de saber en qué condiciones han de aplicarse ciertos procedimientos. A pesar de estas diferencias, pocos son aún los datos que explican la transición de un funcionamiento novato a un funcionamiento experto, cuestión esencial para diseñar una situación educativa que incida de manera adecuada en esta progresión (Pozo, 1989).

3.2.2. *Sistemas inteligentes de enseñanza asistida por ordenador (IEAO).*

Las investigaciones realizadas desde el enfoque del procesamiento de la información (ya sea estudiando la conducta humana directamente o indirectamente a través del diseño de programas de simulación) han impulsado la creación de numerosos «software» educativos. El objetivo de estos programas es básicamente el mismo que el del

EAO de ejercitación y práctica que hemos comentado en el apartado anterior: transmitir una serie de conocimientos o destrezas; el modo de lograr este objetivo es también similar al del EAO clásico: una interacción con el ordenador en la que la iniciativa del alumno viene controlada esencialmente por el programa. Pero estos nuevos EAO, denominados IEAO (sistemas inteligentes de enseñanza asistida por ordenadores), al tomar en cuenta los datos más precisos sobre el funcionamiento cognitivo (estrategias de resolución, tipo de errores) y sobre los requerimientos de un funcionamiento experto, proponen programas que permiten una interacción alumno-ordenador más rica y compleja que la del EAO de ejercitación y práctica. Algunos de estos programas intentan prever las respuestas típicas de los alumnos (sobre todo el tipo de errores) y contienen propuestas para informar al alumno de sus errores y guiarlo en sus nuevas elecciones. Por esto se denominan también «programas tutoriales» para indicar que uno de los objetivos es guiar al alumno de manera adecuada tal y como lo haría un profesor. La intención de los IEAO es pues la de incorporar en sus programas tres componentes (Lepper y Chabay, 1988):

- un modelo de experto: conocimientos y funcionamiento de un experto capaz de resolver los problemas presentados al alumno,
- un modelo de diagnóstico: conocimientos que permiten diagnosticar la diferencia entre las soluciones del experto y los errores del alumno,
- un modelo de tutor: conocimientos que permiten determinar el tipo de informaciones y ayudas adecuadas que requiere el alumno cuando comete algún error.

La elaboración de este tipo de programas exige un estudio muy minucioso de las estrategias que suelen emplear los alumnos en un dominio específico de resolución de problemas en comparación con la de los expertos; requiere también un análisis y explicación de los errores más frecuentes con el fin de identificarlos y de dar soluciones apropiadas al alumno. Uno de estos trabajos pioneros sobre el diagnóstico de errores que ha servido de base a diferentes propuestas de «software educativo» es el de Brown y Burton (1978) sobre el diagnóstico de errores sistemáticos en ejercicios de suma y resta en columna. Si el programa es capaz de identificar el tipo de error cometido por el alumno (por ejemplo, el alumno resta el menor del mayor independientemente de la posición de las cifras, o en una resta en la que la cifra superior es 0 propone la cifra inferior como si fuese una suma, etc.) logrará dar al alumno una información y una ayuda adecuadas a sus dificultades. Esta adaptación del programa a las respuestas del alumno es el elemento más innovador con respecto a los EAO de ejercitación y práctica.

Veamos un ejemplo sencillo de un IEAO capaz de diagnosticar los errores de multiplicación de los alumnos (Lepper y Chabay, 1989).

$$\begin{array}{r} 87 \\ * 43 \\ \hline 32 \end{array}$$

Ante la propuesta del alumno el ordenador le indica que su respuesta es incorrecta y le sugiere una posible causa: «Has multiplicado la primera cifra del multiplicador (en nuestro ejemplo la «4») por la primera del multiplicando (en nuestro ejemplo la «8») y has escrito el número que resulta (en nuestro ejemplo el «32») sin considerar las unidades de ambos números (en nuestro ejemplo la «7» y la «3»). Esta respuesta pretende ayudar al alumno en el análisis de su error.

Algunos de estos programas permiten que el alumno pida al ordenador diferentes tipos de ayudas (antes o durante la resolución). Por ejemplo en un software denominado «Expert» dedicado a la resolución de problemas con diferentes tipos de enunciados en lenguaje natural, el alumno, ante un enunciado determinado, puede seleccionar los siguientes tipos de ayuda (Arranz, Marqués, Ruiz y Santiveri, 1990):

- ayuda para localizar la incógnita del problema
- ayuda para identificar los datos que proporciona el enunciado
- ayuda para identificar la fórmula que se ha de aplicar en este caso
- ayuda para aplicar los datos en la fórmula.

El alumno puede también utilizar algunas ayudas (una calculadora, un diccionario) que le permiten efectuar cálculos o consultar el significado de algunas de las palabras empleadas. Si lo desea, puede también variar el contenido de los enunciados de los problemas.

Los ejemplos de IEAO que acabamos de comentar son una muestra muy reducida de la variedad de «software» educativo que va surgiendo en el mercado estos últimos años siguiendo los postulados del procesamiento de la información y de la Inteligencia Artificial (Gros, 1987; Sewell, 1990). Al igual que ha ocurrido con los EAO clásicos, los IEAO integran una gran variedad de recursos técnicos que ofrecen al alumno situaciones en las que el aprendizaje está enmarcado en un contexto de juego o en contextos que simulan diferentes entornos significativos. Pero a pesar de estas variaciones que intentan despertar un mayor interés y motivación por parte de los alumnos, las situaciones didácticas de los IEAO tienen entre ellas una serie de características comunes que las diferencian de los EAO clásicos; siguen presentando sin embargo una serie de limitaciones que analizamos a continuación.

- (a) A diferencia de los EAO clásicos, la organización de la materia a enseñar en los IEAO depende de los contenidos (matemáticas, lenguaje, medicina, física). Esta organización está determinada por los datos que provienen de la elaboración de sistemas expertos. Estos datos ayudan a determinar tanto los conocimientos específicos que debe contener el programa como los modos de establecer las relaciones e inferencias entre estos contenidos. Ambos cambian cuando se pasa de un contenido a otro. Un programa que pretende enseñar operaciones básicas aritméticas tendrá pues una base de datos específicos y una organización diferente del que pretende enseñar los rudimentos de la escritura.

Pero la limitación principal de esta organización de la materia reside en la ausencia de un modelo de cambio (evolutivo o de aprendizaje) que permita identificar los momentos de progresión en la adquisición de los conceptos o destrezas que se intentan enseñar a través de los programas. Hemos visto, por ejemplo, como Brown y Burton (1978) identifican con minuciosidad los tipos de errores cometidos por sujetos que resuelven operaciones aritméticas básicas. Pero estos errores permanecen desligados de una explicación que debería indicar su orden de aparición y sus diferentes significados según una dimensión ligada al orden de adquisición de las operaciones en cuestión. Se sabe pues qué tipo de errores cometen los sujetos, pero no se sabe ni por qué los cometen ni si están relacionados con el progresivo dominio de las operaciones aritméticas en cuestión.

Los sistemas expertos permiten pues adecuar los programas a la variedad de contenidos, pero no permiten plantear una progresión de actividades en acorde con un modelo de adquisición.

- (b) Los IEAO dejan al alumno un grado de actuación e iniciativa mayor que los EAO clásicos (el alumno puede pedir tipos de ayudas diferentes y modificar algunos parámetros de la situación como el contenido de los problemas en el ejemplo anterior). Estas opciones de actuación permanecen en general muy limitadas pues están subordinadas al objetivo curricular del programa.

A pesar de esta mayor actividad dejada al alumno, los IEAO, al igual que los EAO de ejercitación y práctica presentan situaciones didácticas en las que la iniciativa de la interacción permanece al interior del programa; éste contiene la información que ha de ser adquirida y transmitida al alumno. El

papel organizador y estructurante del alumno no se toma en cuenta; está subordinado a la organización prealable del programa; éste posee unos objetivos de instrucción muy definidos.

- (c) Como hemos visto en los ejemplos citados anteriormente, los IEAO contienen informaciones que les permite detectar diferentes tipos de errores que cometen los alumnos. Este análisis de los errores se basa en las múltiples investigaciones realizadas desde el procesamiento de la información, estudios que se han interesado en la descripción de las estrategias y dificultades de los sujetos a la hora de resolver problemas diversos. La detección de estos errores es una aportación importante en este tipo de «software» pues permite que el ordenador ofrezca una ayuda adaptada a las respuestas de los alumnos.

La gran limitación de estos análisis de errores sigue siendo sin embargo la ausencia de un modelo de adquisición que podría ofrecer una explicación más satisfactoria. Con estos programas es posible detectar errores y clasificarlos, pero no es aún posible explicar por qué el alumno los ha cometido. Este hecho limita en gran manera la guía que se le puede dar al alumno.

- (d) Uno de los rasgos distintivos de los IEAO es precisamente la posibilidad de adaptar las informaciones que da el ordenador al tipo de respuestas que da el alumno. Esta característica, fruto de los análisis detallados de las investigaciones sobre resolución de problemas y sobre la simulación del funcionamiento cognitivo, marca un notable salto con los EAO de ejercitación y práctica. En estos últimos la progresión del alumno es lineal, y la interacción esencial con el ordenador está basada en un modelo de reforzamiento. En los IEAO, la progresión del alumno puede tomar caminos diferentes: según el tipo de error que comete, el ordenador guía al alumno hacia una u otra dirección. La instrucción es, en este sentido, más individualizada que en los EAO clásicos. Con los IEAO se pretende simular la intervención de un maestro que guía al alumno según la naturaleza de sus respuestas. Pero las simulaciones de tal actividad, aunque prometedoras, están lejos de ser eficientes (Sewell, 1990). Una de las limitaciones la hemos apuntado más arriba: la dificultad de ofrecer una ayuda adaptada al alumno si no se conocen las causas de sus errores. Señalemos también el escaso conocimiento de las actividades de guía y tutoría que presentan los maestros en la situación de enseñanza-aprendizaje, conocimiento que facilitaría una mayor adaptación de los programas a los alumnos. Desde hace unos años algunas investigaciones han

abordado el análisis de estos procesos de tutoría, principalmente desde algunos de los postulados de la teoría de Vygotsky (zona de desarrollo próximo y ajuste entre las ayudas del profesor y las necesidades del alumno, regulación externa de la actividad del alumno y progresiva interiorización de esta regulación) (Coll, 1990; Rogoff y Gardner, 1984). Pero son escasos aún los «software» educativos que intenten integrar los resultados de estos estudios para conseguir una tutoría más elaborada y adaptada a los conocimientos del alumno. La mayoría de IEAO presentan un sistema de ayudas que parece muy simple si lo comparamos con la complejidad de los procesos de tutoría de los maestros en situaciones didácticas (Lepper y Chabay, 1988; Salomon, 1989).

Los IEAO resuelven dos de las limitaciones de los EAO clásicos: la uniformidad de la estructuración de la materia (en estos últimos todos los programas poseen la misma estructura independientemente del contenido) y el carácter muy limitado de las interacciones (el tipo de ayuda que da el ordenador no es adaptado a las respuestas del alumno). Estos avances han sido posibles gracias a los datos aportados por los estudios sobre el funcionamiento cognitivo y sobre su simulación desde los postulados del procesamiento de la información y de la Inteligencia Artificial que han revalorizado una de las características del medio informático: su capacidad por modelizar la actividad de los sujetos. La gran limitación de estos programas reside sin embargo en la ausencia de un modelo de cambio cognitivo que permita no sólo identificar los errores de los alumnos sino también interpretarlos en el interior de un modelo de adquisición en los que la actividad estructurante del alumno juegue un papel más importante. Señalemos también las dificultades en adoptar un modelo de tutoría que recoja los procesos complejos que emplea el maestro en situaciones didácticas.

NOTAS

- (1) Para una mayor profundización en la historia y en la diversidad del movimiento conductista, véanse los trabajos de Caparrós, 1980; Mackenzie, 1977; Yela, 1980.
- (2) El término EAO (o CAI) puede referirse a utilizaciones del ordenador bastante diversas. Como veremos más adelante cuando presentemos los diferentes tipos de programas y entornos informáticos, lo que parece esencial en los «software» de tipo EAO es su carácter cerrado y estructurado de antemano por el diseñador: son programas que ofrecen al alumno la posibilidad de trabajar un cierto aspecto del currículum. Tanto el contenido como la manera de trabajarlo están determinados. Pero precisamente lo que puede variar según los postulados teóricos que dirijan una u otra aplicación es el tipo de actividad que se deja al alumno y la organización de la materia. Los EAO de tipo «drill and practice» (práctica y ejercitación) que se inspiran en los postulados conductistas difieren en este sentido de los EAO de tipo tutorial basados en los postulados del procesamiento de la información y de la inteligencia artificial, aunque ambos partan de programas cerrados y estructurados por el diseñador. El control del aprendizaje proviene fundamentalmente del programa y no del alumno.
- (3) La ausencia de una preocupación por el aprendizaje y por la adquisición de nuevas conductas en las teorías del procesamiento de la información ha sido subsanada estos últimos años con la aparición de algunas teorías sobre el cambio cognitivo (aprendizaje y desarrollo) basadas en los postulados del procesamiento de la información (la teoría ACT de Anderson, la teoría de los esquemas de Norman y Rumelhart, la teoría de Klahr y Wallace)(ver Martí, 1991; Pozo, 1989). Como señala Pozo (1989, p. 161), a pesar de estos esfuerzos, el procesamiento de la información constituye un marco excesivamente estrecho para desarrollar una teoría suficiente del aprendizaje pues un sistema computacional procesa mecánicamente la información, pero carece de conocimientos y de capacidad de manipular significados; y como el «sujeto» computacional (el sujeto que actúa como un ordenador o el mismo ordenador) carece de organización interna, lo que puede lograr es tan sólo un ajuste de sus reglas en condiciones muy limitadas, pero no un verdadero cambio cognitivo.

CAPÍTULO 4.

TEORÍAS DEL APRENDIZAJE Y UTILIZACIÓN EDUCATIVA DE LOS ORDENADORES (II)

4.1. La síntesis de la Inteligencia Artificial y de la epistemología genética propuesta por Papert: exploración y descubrimiento

La propuesta de Papert se basa explícitamente en una serie de postulados teóricos. Algunos de ellos provienen de la Inteligencia Artificial, otros de la epistemología genética de Piaget. El lenguaje LOGO es una pieza fundamental de esta propuesta y fue creado para poner en práctica los objetivos perseguidos por Papert en su planteamiento de la utilización educativa de los ordenadores. Es un lenguaje de programación que, como veremos más adelante, permite la creación de variadas situaciones de aprendizaje denominadas «Micromundos». Pero el planteamiento de Papert no se reduce a proponer un nuevo lenguaje de programación como si fuese un material didáctico más. Papert persigue, en última instancia, un cambio en los objetivos pedagógicos y propone otra manera de trabajar en la escuela aprovechando el elemento innovador de los ordenadores. Como otros muchos autores, Papert cree que los ordenadores pueden jugar un papel importante en el aprendizaje escolar; pero no sólo porque mejoran la eficacia, la rapidez o la calidad de los aprendizajes que ya se hacen en las escuelas sino porque crean nuevas condiciones de aprendizaje y nuevas maneras de aprender. Papert expone y defiende esta tesis en su libro «*Desafío a la mente. Computadoras y educación*» (1981).

4.1.1. *Concepción del aprendizaje*

Al igual que Piaget y que algunos autores próximos a la Inteligencia Artificial, Papert se desmarca claramente de la tradición empirista y conductista, y de su manera de concebir el conocimiento como una reproducción de las informaciones del mundo exterior y el aprendizaje como un registro pasivo de una transmisión de conocimientos guiada totalmente por el profesor. Papert da importancia, por un lado, a los procesos intelectuales que en forma de procedimientos y estrategias nos dan una idea precisa de cómo el sujeto conoce y aprende; revaloriza así algunas de las aportaciones del procesamiento de la información y de la Inteligencia Artificial. Por otro lado, enfatiza, como lo hace Piaget, el aspecto activo y constructivo del aprendizaje.

De la Inteligencia Artificial, Papert recoge el interés por simular con el ordenador los procesos cognitivos con el fin de estudiar con más detalle su naturaleza. Se elaboran programas que simulan comportamientos inteligentes y esto exige que se analicen y conozcan con más detalle los procesos que se están simulando; se identifican así los procedimientos y los conocimientos específicos que necesita la máquina para resolver tal o cual tipo de problema (jugar al ajedrez, entender una frase, percibir una forma, encontrar la solución de un problema espacial deduciendo por analogía, resolver una ecuación, etc.). Para el investigador que trabaja desde los postulados de la Inteligencia Artificial, el ordenador permite pues un campo de exploración concreto de procesos complejos y muchas veces abstractos (como son los procesos cognitivos). Papert recoge este interés de la Inteligencia Artificial por el estudio de los procesos cognitivos (y no sólo de las respuestas más externas del sujeto como lo hacen los conductistas). Pero va más allá pues propone que, con el ordenador, el niño pueda también acceder y pensar sobre procesos dinámicos y abstractos difícilmente accesibles sin el ordenador. La idea que defiende es que programando el ordenador (a través del lenguaje LOGO) los niños pueden reflexionar sobre sus propios procesos cognitivos: identificando errores en sus programas, corrigiéndolos, intentando mejorarlos, los niños pueden analizar y ser más conscientes de sus propias actividades cognitivas lo que, según Papert, es una condición importante para poderlas mejorar (Papert, 1981, p. 183). Al igual pues que los investigadores de la Inteligencia Artificial que utilizan la programación para simular y analizar los procesos mentales, los niños pueden, aunque de manera más informal, reflexionar sobre sus propios procesos de aprendizaje cuando programan con LOGO. El hecho de programar favorece pues, según Papert, las actividades metacognitivas de los niños.

Junto a este legado de la Inteligencia Artificial, algunos de los postulados básicos de la epistemología genética de Piaget sirven también para fundamentar la posición de Papert. Los que nos parecen más importantes son: la necesidad de un análisis genético del contenido de lo que se aprende y la defensa constructivista del conocimiento y del aprendizaje. Papert defiende también la idea, inspirada de Piaget, de un aprendizaje espontáneo (o de un aprendizaje sin instrucción).

Ya hemos visto en la sección anterior que una de las limitaciones del procesamiento de la información y de la Inteligencia Artificial es la ausencia de un modelo dinámico de cambio que pueda interpretar los errores que cometen los alumnos en su proceso de aprendizaje de un contenido determinado (espacio, número, tiempo, etc.). Como señala Papert, una de las limitaciones de los modelos de funcionamiento cognitivo de la Inteligencia Artificial es que se refieren a contenidos estáticos, y no hacen un análisis genético de su constitución. Cuando simulan por ejemplo cómo se suma, cómo se percibe el espacio, cómo se ordenan los sucesos temporales, simulan unos comportamientos sin considerar que el contenido sobre el que trata la cognición (número, espacio, orden temporal) es el producto final de una génesis. Olvidar, como lo hacen la mayoría de las propuestas de la Inteligencia Artificial, este aspecto evolutivo de la construcción de cualquier noción, es adoptar un modelo estático del conocimiento. Papert se inspira de Piaget para solucionar esta limitación de la Inteligencia Artificial y señala la necesidad de analizar la estructura genética de lo que se aprende (del número, del espacio, del tiempo, etc.) al mismo tiempo que se estudian los procesos de su aprendizaje (Papert, 1981, pp. 183-184). En este sentido Papert señala, como Piaget, que es un error separar el estudio de lo que se aprende del estudio de los procesos de aprendizaje. Ambos necesitan un modelo dinámico que dé cuenta del aspecto evolutivo. Papert encuentra este modelo en la epistemología genética de Piaget que no sólo ofrece una visión genética de la adquisición de diferentes nociones sino que propone también un análisis de la estructura de estas nociones.

El otro postulado de la teoría genética que inspira la propuesta de Papert es el del constructivismo. Para Papert, como para Piaget, el sujeto es un ser activo que construye sus teorías sobre la realidad interactuando con esta realidad. El proceso de aprendizaje es pues eminentemente dinámico y el papel estructurante corresponde al sujeto. Éste combina y transforma informaciones, nociones y conceptos con el fin de llegar a organizaciones de ideas cada vez más coherentes. En este proceso juega un papel importante la confrontación de las teorías así engendradas con los hechos. El conocimiento y el aprendizaje son frutos de la interacción entre el sujeto y el entorno. Los Micromundos

LOGO persiguen este objetivo: ofrecer al alumno un material suficientemente abierto y sugerente para que pueda elaborar sus propios proyectos, modificándolos y mejorándolos según un proceso interactivo con el ordenador.

Al exponer esta visión constructivista, Papert evoca lo que denomina «aprendizaje piagetiano», «aprendizaje espontáneo» o «aprendizaje sin instrucción» (Papert, 1981, p. 20) refiriéndose a todos aquellos aprendizajes que realizan los niños sin enseñanza formal explícita (aprendizaje de la lengua, geometría intuitiva necesaria a sus desplazamientos en el espacio, estructuras básicas de orden, de clasificación, de conservación, etc.)(1). De estos aprendizajes, Papert señala su naturalidad, en un doble sentido. Son aprendizajes (como los de la lengua) en los que el niño puede utilizar los numerosos materiales de su entorno para construir sus propias intuiciones; además son aprendizajes que permiten que el niño construya ideas nuevas basándose en lo que ya conoce (Solomón, 1987. p. 121). Papert, contrariamente a Piaget, concede mucha importancia a estos materiales culturales que rodean al niño y que le ofrecen la posibilidad de lograr estos aprendizajes naturales. Argumenta que el niño adquiere y aprende pronto y con facilidad algunas destrezas y nociones básicas (como el lenguaje, el número, la conservación, la clasificación, etc.) porque nuestros entornos culturales le ofrecen numerosas ocasiones propicias de experimentar y ejercer su actividad para aprenderlas. Son entornos muy ricos y significativos para el ejercicio y el aprendizaje de la lengua o para explorar y descubrir relaciones y nociones básicas (de sucesor, de correspondencia término a término, de conservación de la materia, de orden, etc.). Este análisis le conduce a dar importancia no sólo, como hace Piaget, a aquellas adquisiciones que se dan naturalmente en nuestros entornos culturales, sino también a aquellas que se podrían dar con naturalidad si se crean las condiciones adecuadas (Papert, 1981, p. 186). Papert piensa sobre todo en nociones matemáticas abstractas de difícil adquisición como la noción de variable, de recursividad, de combinatoria o de ecuación diferencial. Para la adquisición de estas nociones el ordenador, según Papert, puede jugar un papel esencial pues permite traducir de forma concreta y significativa para el niño nociones abstractas que raras veces se prestan a la exploración.

A diferencia de las propuestas de los conductistas y del procesamiento de la información, la propuesta de Papert se basa claramente en la idea de que la utilización adecuada de los ordenadores puede significar un cambio radical en la manera de pensar y de aprender de los niños. Desde este punto de vista, el ordenador no sólo amplía,

mejora o facilita lo que se hace sin ordenador sino que puede cambiar radicalmente la forma de hacerlo. Es pues, según Papert, un nuevo medio de expresión y de exploración, que modifica la manera de aprender (Ibidem, p.16).

Para que esto sea posible no basta, según Papert, poner en contacto niños y ordenadores en un contexto de enseñanza tradicional destinada a transmitir informaciones y relegando el papel del alumno en un segundo plano; en estos casos es el ordenador el que programa a los niños. Para Papert, es esencial que el alumno controle su actividad y que pueda apropiarse, dándoles sentido, los proyectos que realiza con el ordenador. Éste ha de ser concebido como un «lápiz», es decir, como un medio multifuncional y de uso natural que permite al niño una gran gama de expresión y exploración (Ibidem, p.238).

Los Micromundos LOGO serían uno de los elementos básicos de este entorno natural en que los ordenadores aumentan de manera significativa la posibilidad de experimentación y exploración del niño y le pueden conducir a que adquiera con naturalidad nociones formales de difícil o tardía adquisición.

4.1.2. Micromundos LOGO: objetos para pensar

Junto con otros colegas del MIT (Massachusetts Institute of Technology), Papert crea a finales de la década de los años 60 el lenguaje de programación LOGO, basado en el lenguaje LISP, uno de los más utilizados en las investigaciones de Inteligencia Artificial. Poco a poco el lenguaje se va modificando con el objetivo de que pueda ser utilizado por niños pequeños aunque no se pierde la posibilidad de realizar con él programación más avanzada. Su adaptación en los microordenadores a partir de la década de los años 80 permite su difusión en los ámbitos educativos. Entre las adaptaciones más conocidas y de uso más extendido, se encuentra el Micromundo denominado «Geometría de la Tortuga» que permite, mediante una serie de instrucciones sencillas, guiar un cursor luminoso que se desplaza por la pantalla (2). Aunque LOGO permita también la manipulación de texto (mediante operaciones aplicadas a listas y palabras) y permita ejecutar diversas operaciones y funciones matemáticas, nos centraremos prioritariamente en la Geometría de la Tortuga por ser el Micromundo más utilizado y sobre el que reposa la mayor parte de la argumentación de Papert cuando defiende el uso de LOGO en la educación. Junto a la Geometría de la Tortuga, numerosos Micromundos han sido creados a partir del lenguaje LOGO, entre los que destacan: «Sprites» en el que se pueden operar con varias tortugas simultáneamente, LOGO tridimensional, en el que pueden visionarse en tres dimensiones las figuras realizadas, Micromundos musicales, en los que

se pueden crear y combinar estructuras musicales básicas utilizando el lenguaje LOGO, las Dinotortugas (o Tortugas dinámicas) en el que se pueden manipular Tortugas que poseen velocidad, etc. (Gros, 1987; Papert, 1981).

La utilización de Micromundos LOGO como uno de los núcleos principales de los entornos de aprendizaje que propone Papert para la utilización educativa de los ordenadores se basa en el enfoque teórico que acabamos de resumir en la sección anterior y que recoge algunos postulados de la teoría de Piaget y algunos de la Inteligencia Artificial. LOGO posee ciertas características que, según Papert, hacen que su utilización responda a las exigencias del planteamiento propuesto por este autor. Vamos a exponer las que nos parecen más importantes haciendo al mismo tiempo una valoración de las limitaciones de una visión que cae muchas veces en un excesivo optimismo (ver Martí, 1984 para un análisis de las potencialidades educativas de LOGO).

(a) Proceso natural de aprendizaje

Uno de los objetivos centrales de Papert es que el proceso de aprendizaje sea natural y que se base en las intuiciones y los esquemas previos del niño. Por esto, según Papert, el niño ha de aprender matemáticas sin desligarse de sus experiencias personales e intuitivas. La Geometría de la Tortuga le ofrece precisamente esta oportunidad al proponer un ámbito de experimentación próximo a la experiencia corporal del movimiento. El Micromundo de la Tortuga al estar ligado al ritmo, al movimiento y a la localización en el espacio, permite relacionar las actividades de programación de los niños con experiencias e intuiciones frecuentes e importantes en su vida cotidiana. Papert habla de «sintonía» (corporal y del yo) entre la Tortuga y el niño (Papert, 1981, p. 84). Por esto los niños, según Papert, se identifican con facilidad con la Tortuga. Esta sintonía es la que permite también abordar de manera concreta y significativa, conceptos y nociones formales, y abordados tradicionalmente sin significado para el niño (el concepto de ángulo, por ejemplo, que con la Geometría de la Tortuga se asocia a movimiento, a rotación y ya no es una dimensión estática y sin significado de una figura). De manera general, el Micromundo de la Tortuga, según Papert, permite explorar y manipular conceptos complejos y abstractos de manera concreta e intuitiva.

El énfasis que hace Papert sobre la necesidad de basar los

aprendizajes en experiencias concretas y conocidas de los niños nos parece totalmente legítima y escasos son los autores que no señalen hoy en día esta necesidad de enraizar los aprendizajes en los conocimientos previos del alumno (ver por ejemplo Ausubel, 1973; Coll, 1988). En este sentido, la propuesta de Papert aporta un elemento nuevo en relación con el enfoque conductista y del procesamiento de la información, enfoques que no suelen hacer un análisis genético de los contenidos de aprendizaje con el fin de adecuarlos a los esquemas de asimilación de los alumnos. Lo que nos parece más criticable es basar estos aprendizajes en consideraciones muy generales sobre la experiencia cotidiana que supuestamente tienen todos los alumnos (experiencia sobre el movimiento y sobre el espacio que facilitaría una identificación con la Tortuga). En un estudio realizado con niños de 11-12 años que aprenden a programar con LOGO (Dionnet, Martí, Vitale y Wells, 1985) mostramos que las unidades que propone este lenguaje de programación para la construcción de figuras geométricas no coinciden con las unidades significativas que tienen los niños cuando dibujan las mismas figuras y mostramos también las dificultades que tienen los niños de esta edad para identificarse espacialmente con la Tortuga al confundir en muchos casos la orientación de la Tortuga con su propia orientación. El análisis que hace Papert del mundo de la Tortuga en términos de «sintonía» con la experiencia del niño nos parece pues demasiado genérico. Por un lado, no se analizan con precisión los esquemas inherentes a los diferentes aprendizajes que pueden hacer los niños (por ejemplo, es muy distinto hablar de «identificación» cuando el niño manipula sin objetivo preciso la Tortuga que cuando necesita diferenciar con precisión la orientación de la Tortuga con su propia orientación). Por otro lado, las experiencias y esquemas de conocimiento significativos pueden variar considerablemente de un niño a otro y de una edad a otra aunque el aprendizaje sea el mismo.

(b) Aprendizaje interactivo

En la concepción constructivista de Papert sobre la utilización de los ordenadores en el ámbito escolar, el niño debe jugar un papel muy activo y debe interactuar constantemente con el ordenador a través de la realización de proyectos. Es él quien programa el ordenador dando instrucciones a través del lenguaje LOGO. Su actividad viene dirigida por sus proyectos (eminentemente gráficos en el Micromundo de la Tortuga, como pueden ser el dibujo de una escalera, de una espiral, de un

campo de tenis, de un personaje, etc.). Al realizarlos, el niño entra en contacto con algunas nociones matemáticas importantes inherentes al lenguaje LOGO. Estas nociones no son sólo, según Papert, las que vehicula tradicionalmente la escuela, sino que también aparecen otros conocimientos fundamentales ausentes en el currículum tradicional de las matemáticas como las relaciones entre la geometría cartesiana, la euclidiana y la diferencial. Uno de los ejemplos que ofrece Papert es la posibilidad que tiene el niño de acceder con facilidad a algunas intuiciones de la geometría diferencial mediante el dibujo de figuras sencillas como el círculo. Las instrucciones que permiten dibujar un círculo en LOGO (repetir un número elevado de veces ADELANTE de una pequeña distancia y GIRAR de un pequeño ángulo) muestran, según Papert, una propiedad de las ecuaciones diferenciales: en el dibujo del círculo sólo se menciona la diferencia entre la posición actual de la Tortuga y su posición siguiente, sin hacer referencia al espacio externo a la trayectoria como se suele hacer con las ecuaciones de la geometría euclidiana (Ibidem, p. 87). La realización de estos proyectos gráficos permite pues, según Papert, que el niño entre en contacto con nociones matemáticas importantes. El niño «hace» matemáticas en vez de recibir la enseñanza de las matemáticas (Papert, 1983).

Uno de los aspectos importantes de LOGO que permiten un aprendizaje constructivo es la posibilidad de ir creando procedimientos (una lista de instrucciones que realiza cierto objetivo) que pueden combinarse entre sí produciendo proyectos cada vez más complejos. Una vez que el niño escribe un procedimiento para realizar una determinada figura geométrica, puede nombrar este procedimiento y utilizar este nombre como unidad en otro procedimiento más complejo (por ejemplo escribe un procedimiento que dibuja una rueda y lo utiliza como parte integrante de otro procedimiento más complejo cuyo objetivo es dibujar una bicicleta). Esto le permite ir construyendo proyectos cada vez más complejos y estructurados basándose en procedimientos más sencillos que ya ha definido (Solomon, 1987, p. 141).

Este énfasis en la actividad del niño, coherente con los postulados constructivistas del aprendizaje tal y como los adopta Papert, nos parece totalmente legítima y representa una ruptura con las propuestas conductistas en las que el control del aprendizaje está situado principalmente en el ordenador y no en el alumno. Nos parece también importante que el niño pueda crear sus propios proyectos y que aprenda a través de

ellos y a través de su interacción con el ordenador. Lo que nos parece dudoso es que el niño extraiga espontáneamente conceptos y nociones matemáticas de su experiencia sin una guía externa. Esta guía no tiene necesariamente que consistir en una instrucción entendida como la pura transmisión de conocimientos y puede consistir en una guía que vaya regulando la atención, la toma de conciencia u otros procesos cognitivos necesarios para el aprendizaje. Como ya hemos podido constatar en el capítulo anterior, todo hace pensar que el trabajo cognitivo que ejerza el niño en sus proyectos LOGO va a ser, en la mayoría de casos, insuficiente para garantizar la adquisición de ciertas nociones o conceptos matemáticos a pesar de que éstos, según Papert, sean más concretos con el ordenador. Es necesario plantearse no sólo como pueden interactuar niño y ordenador sino también cómo esta interacción viene guiada por una actividad de enseñanza.

(c) La importancia de los errores y de su corrección.

En esta constante interacción entre los proyectos que realiza el niño y los resultados del ordenador se establece una interesante actividad de comprobación de los proyectos y de la evaluación de la distancia entre lo que se espera y lo que se obtiene. Si el resultado no es el esperado, el niño debe modificar su programa con el objetivo de obtener la figura deseada. Este proceso de detección y corrección de errores («bugs») es uno de los aspectos esenciales del trabajo de programación con LOGO. Esto, según Papert, ayuda a alejar a los niños de la visión de un aprendizaje en el que existen sólo dos soluciones: acertar o fracasar. Lo importante no es si un programa es correcto o falso sino más bien cómo se puede mejorar («debugging») (Papert, 1981, p.38). LOGO facilita en parte esta tarea proponiendo algunos mensajes informativos («mensajes de error») cuando el niño comete algunos fallos en la utilización de las primitivas y de las reglas que las combinan.

La importancia que da Papert al error y a su corrección nos parece totalmente coherente con una visión interactiva y constructiva del aprendizaje entendido este último como una elaboración lenta, activa y muchas veces aproximativa de conocimientos. La importancia del error ha sido valorizada precisamente por la teoría psicogenética que ha visto en él y en el conflicto que genera en el sujeto un factor dinámico de aprendizaje (Inhelder, Sinclair y Bovet, 1975). Lo que a nuestro entender falta en la visión de Papert son los elementos que garanticen que los errores van a ser evaluados correctamente por

los niños para que éstos puedan proponer una solución adecuada. Dicho de otra manera, puede ocurrir que el niño obtenga un resultado tan alejado de su proyecto que no sepa cómo modificar su programa para solucionar el error; o puede ocurrir también (y en la práctica este caso es muy frecuente) que los niños conciban proyectos demasiado ambiciosos y que no tengan los conocimientos de LOGO suficientes para realizarlos. En ambos casos, existe una distancia insalvable entre lo que el niño es capaz de evaluar o resolver y lo que debe evaluar o resolver para que su aprendizaje no se bloquee. Son casos que requieren una intervención moduladora del enseñante o un diseño de la tarea que tome en cuenta con más detalle el nivel actual de competencia del niño y las ayudas que necesita para progresar. En ambos casos, el concepto de Zona de Desarrollo Próximo elaborado por Vygotsy (la diferencia entre el nivel de las tareas realizadas independientemente y el nivel de las tareas realizadas con la ayuda de los adultos) toma toda su relevancia pues señala la necesidad de ajustar la ayuda del enseñante al nivel del alumno (o el tipo de información que debe dar el ordenador) para que el aprendizaje tenga lugar (Coll, 1984; Salomon, 1989; Vygotsky, 1973).

(d) Motivación

Los tres factores que acabamos de mencionar (la sintonía con las experiencias del niño, el protagonismo del niño que es quien elabora sus proyectos y la importancia de corregir los errores más que de encontrar la respuesta acertada) ofrecen, según Papert, situaciones de aprendizaje motivantes: el niño se siente autor de sus proyectos y tiene un control directo sobre el proceso de aprendizaje (Papert, 1983). Las situaciones que ofrecen los Micromundos LOGO contrastan efectivamente con las situaciones de EAO de ejercitación y práctica por su variedad, por las posibilidades que ofrecen al niño de crear sus proyectos, por la diversidad de ocasiones en las que el niño puede comparar sus objetivos con el resultado que obtiene en el ordenador y por el énfasis que ponen en la corrección de errores. Y estos son elementos que pueden acrecentar el interés de los niños.

Sin embargo, este interés de los niños por trabajar en los Micromundos LOGO dependerá también de los factores que acabamos de señalar en los puntos precedentes: será difícil garantizar un aprendizaje motivador sin una guía y una ayuda externa del profesor que acote y rectifique los proyectos demasiado ambiciosos, sin una intervención que proponga nuevos proyec-

tos en acorde con los que ya ha realizado el niño y sin una indicación del profesor que ayude a interpretar algunos de los errores. Nuestra experiencia nos hace pensar que el entusiasmo inicial de los niños que empiezan a programar con LOGO puede decaer enseguida sin un contexto didáctico que cree metas adecuadas y que dirija la actividad de los alumnos ayudándoles en la evaluación de sus errores. Cuando Papert hace un paralelo entre el aprendizaje de la lengua y el aprendizaje natural y motivador de las matemáticas en los Micromundos LOGO se olvida de uno de los elementos esenciales. El aprendizaje de la lengua no sólo se hace en un contexto rico, variado y significativo para los niños sino que exige una actividad constante de los adultos que guían y dirigen la actividad del niño y permiten que acceda al lenguaje. Además permite a los niños la adquisición de un instrumento incomprable de pensamiento y de comunicación a través del cual el niño puede incidir en la conducta propia y de las demás personas. Es difícil que el niño aprenda «naturalmente» a programar con LOGO sin una interacción rica y variada con los adultos y es difícil que se dé cuenta de las ventajas funcionales de este instrumento (que LOGO puede ser un «objeto para pensar») sin un contexto didáctico adecuado.

(c) Ideas poderosas

Como ya lo hemos indicado anteriormente, los Micromundos LOGO, según Papert, pueden aportar una serie de elementos valiosos para que el niño pueda acceder a nociones abstractas y formales a partir de su propia intuición. Como señala Crahay, LOGO es, en este sentido, un mediador entre el conocimiento intuitivo del niño y los conocimientos científicos formales (Crahay, 1987, p.39). Ya hemos citado algunos ejemplos de estas nociones matemáticas a las que el niño puede tener acceso a través de LOGO (la geometría diferencial, la noción de variable, la noción de ángulo, las leyes del movimiento newtoniano). Pero lo que interesa a Papert no es sólo ofrecer la posibilidad de explorar y experimentar estas ideas abstractas sino de permitir al niño el contacto con «ideas poderosas» que le ayuden a pensar. Estas ideas poderosas están directamente asociadas con actividades cognitivas generales que, según Papert, son solicitadas en la programación con LOGO. Una de ellas, que acabamos de comentar, es la capacidad de detectar y corregir errores («debugging») que aunque se dé en un contexto de programación puede ser utilizada en cualquier situación de resolución de problemas. Otra es la capacidad de planificación

que se vería facilitada por la necesidad que tiene el niño de preveer y organizar sus conocimientos en forma de listas de instrucciones ordenadas cuando pretende alcanzar algún objetivo. Una tercera, que hemos señalado también, es la idea de procedimiento: con LOGO, el niño se acostumbra a manejar y tratar procedimientos. Según Papert, el hecho de ejecutar procedimientos es uno de los componentes básicos del pensamiento y LOGO favorece la reflexión sobre este componente del pensamiento. Papert señala que una de las ideas poderosas más importantes que facilita LOGO es precisamente la capacidad de reflexionar sobre el propio pensamiento. Como la programación con LOGO exige que se den por anticipado y de manera ordenada todas las instrucciones que constituyen un procedimiento, es fácil que el niño pueda pensar sobre lo que acaba de hacer, pueda compararlo con otros procedimientos y pueda corregirlo si es necesario. Esta actividad de reflexión que hace el niño sobre su propio trabajo cognitivo (a través de las unidades funcionales de programación LOGO —los procedimientos—) es esencial, según Papert, para lograr un progreso y un aprendizaje (Papert, 1981).

Sostener que la actividad de programación con LOGO permite, de manera potencial, el contacto de los alumnos con una serie de «ideas poderosas» nos parece totalmente legítimo. Lo que no indica Papert con precisión son las condiciones que podrían efectivamente facilitar que los alumnos adoptasen e hiciesen suyas estas ideas poderosas. Algunos de los resultados de las investigaciones que hemos comentado en el capítulo 2 nos han mostrado la dificultad de obtener cambios sustanciales en las capacidades cognitivas generales de los alumnos que han programado con LOGO si no se crean condiciones educativas favorables (en las que la actividad del profesor y el objetivo curricular son dos factores importantes). Como han señalado ya numerosos autores (ver por ejemplo Crahay, 1987; Delval, 1986; Leron, 1985), y tal y como hemos apuntado en las consideraciones críticas de esta sección, el aprendizaje espontáneo y no directivo que propone Papert en la interacción con el ordenador no es suficiente para que los alumnos adquieran los conceptos abstractos y las ideas poderosas que parecen inherentes a las actividades de programación con LOGO. Una cosa es considerar, como lo hace Piaget, la adquisición natural de conceptos muy generales (como los de orden, conservación, seriación) que requieren una experiencia mínima con los objetos que puede darse en cualquier entorno y otra cosa muy diferente es el aprendizaje de conceptos matemáticos o físicos o el de

destrezas cognitivas complejas ligadas a la resolución de problemas tal como lo defiende Papert.

Sería sin embargo injusto acabar con esta visión tan crítica de la propuesta de Papert que, a nuestro entender, tiene el mérito de plantear la cuestión de la utilización de los ordenadores a través de una reflexión general sobre el aprendizaje y el posible impacto de las nuevas tecnologías sobre la manera de aprender basándose en unos postulados teóricos explícitos. Recordaremos en la sección siguiente algunas de las propuestas de Papert que nos parecen adecuadas e innovadoras en relación con las propuestas del enfoque conductista y del procesamiento de la información.

Sería también injusto atribuir a Papert la intención de obtener los resultados tan optimistas que propone en su libro con la simple interacción de los alumnos con los Micromundos LOGO. A pesar de que muchos de sus escritos puedan interpretarse de esta manera (conveniencia de adoptar una situación educativa no-intervencionista que favorezca la exploración libre del niño y una aprendizaje espontáneo), Papert puntualiza que:

«El contexto del desarrollo humano siempre es una cultura, nunca una tecnología aislada. Con la presencia de los ordenadores, las culturas pueden cambiar y con ellas la forma de pensar y de aprender de la gente. Pero si se quiere comprender (o influir en) el cambio, entonces hay que centrar la atención en la cultura, no en el ordenador» (Papert, 1987, p.54 en el artículo original de 1985).

En esta visión, el ordenador es sólo un elemento del contexto educativo. Como señala Solomon (1987, p. 152), Papert nunca ha preconizado que se dejen solos a los niños en su exploración de los Micromundos LOGO. A pesar de esta consideración y a pesar de que propugna la importancia del contexto educativo y cultural en el que se realizan los aprendizajes con el ordenador, Papert no ofrece ninguna propuesta precisa sobre la situación educativa en el contexto escolar (objetivos curriculares, secuencia didáctica, intervención del enseñante, relación de las actividades con ordenador con el resto de las actividades escolares, relaciones entre los alumnos).

4.2. Constructivismo y mediación: utilizar las potencialidades de los ordenadores en un contexto escolar significativo

La propuesta de Papert nos parece muy positiva en tanto que enfatiza el papel activo y estructurante del alumno en su interacción con el ordenador y en tanto que señala la necesidad de analizar con

más detenimiento el contenido de las nociones que el alumno aprende con el ordenador sobre la base del análisis de la epistemología genética. Reconocemos en ambos postulados las aportaciones del constructivismo de Piaget que de manera explícita Papert recoge en sus propuestas. Las limitaciones de la propuesta de Papert residen, como lo hemos indicado en el apartado anterior, en la suposición de que una exploración poco guiada, en un contexto abierto y poco definido, con la ausencia de contenidos curriculares determinados y utilizando la programación LOGO pueda generar aprendizajes duraderos y significativos. Plantearse la cuestión de la utilización de la informática requiere, a nuestro entender, precisar también las condiciones en las que los alumnos aprenden los diferentes contenidos en un marco escolar.

4.2.1. Concepción del aprendizaje: constructivismo y mediación

Nuestra propuesta se articula en torno a dos ejes. El primero se refiere a la concepción constructivista del aprendizaje aplicada a situaciones específicas de instrucción (de las matemáticas, de la lectura, de las ciencias). El segundo pone de manifiesto la importancia de la mediación entendida en un doble aspecto: mediación del aprendizaje a través del medio informático y mediación del aprendizaje a través de la acción de las otras personas (profesor y otros alumnos) en un contexto escolar.

4.2.1.1. Constructivismo y psicología de la instrucción

Como ya hemos señalado al presentar la propuesta de Papert, aceptar el postulado constructivista significa otorgar al alumno un papel activo en la elaboración de sus conocimientos. Contrariamente a la visión conductista del aprendizaje que otorga toda la importancia a la transmisión de conocimientos previamente estructurados relegando al alumno en un papel secundario, el constructivismo de la psicología genética concibe el acto de conocimiento como una interacción continua entre los esquemas organizativos del sujeto y los datos que provienen del material de aprendizaje. Cualquier conocimiento ha de entenderse entonces como la transformación de los datos exteriores según los esquemas prealables del sujeto, esquemas que a su vez son modificados por el tipo de contenidos que ha de asimilar el sujeto. El conocimiento es por esto un proceso de construcción continua (Piaget, 1970a).

Pero la visión constructivista del conocimiento y del aprendizaje que nos ha legado la teoría genética de Piaget no consiste tan sólo en aceptar que el sujeto es activo en el acto de conocimiento. La mayoría

de teorías (como la del procesamiento de la información) aceptan hoy en día este postulado y hablan de un sujeto activo que construye sus representaciones, que forma conceptos y que resuelve problemas. A pesar de este protagonismo acordado al sujeto, la mayoría de teorías separan la actividad del sujeto de los contenidos de conocimiento. El postulado constructivista no acepta esta división radical entre sujeto que conoce y el objeto a conocer. Enfatiza el hecho de que el acto de conocimiento no se sitúa ni en el sujeto ni en el objeto sino en la interacción entre ambos: consiste en transformar la realidad, transformación que a su vez modifica los esquemas del sujeto (Karmiloff-Smith, 1985; Piaget, 1970b; Sinclair, Berthoud, Gérard, Veneziano, 1985).

Esta posición constructivista, que no se reduce tan sólo a defender que el sujeto es activo sino que señala la constante construcción que hace el sujeto de nuevos conocimientos basándose en los esquemas prealables lo que le permite tener otra visión de la realidad, supone pues una dimensión genética muchas veces ausente en otras visiones del aprendizaje. Lo que puede aprender un alumno depende del nivel de elaboración de sus esquemas y por tanto de su nivel evolutivo. El nivel evolutivo es una condición necesaria para que tengan lugar ciertos aprendizajes; pero, como veremos más adelante, no es una condición suficiente pues otros factores se añaden para hacer posible el aprendizaje. Este hecho tiene una doble implicación. Por un lado, y este es un hecho reconocido por la mayoría de autores que trabajan en el campo educativo y que diseñan propuestas curriculares, se han de escoger aprendizajes cuya estructura esté en acorde con las capacidades evolutivas de los alumnos. Por otro lado, el hecho de proponer cierta tarea al alumno exige que se tomen en consideración las tendencias evolutivas presentes en el proceso de resolución de dicha tarea para entender mejor los errores y las dificultades de los alumnos y poderlos así ayudar de manera más pertinente. Por ejemplo, si proponemos a los alumnos una tarea de tipo espacial, no debemos olvidar que la estructuración del espacio comienza por cierto tipo de relaciones (las relaciones topológicas como la separación, la continuidad, la oposición dentro/fuera) para después organizar las propiedades proyectivas y euclidianas. Si les proponemos una tarea donde han de utilizar y comprender el esquema de proporcionalidad, es útil saber que la tendencia evolutiva consiste en pasar de respuestas aditivas a respuestas verdaderamente proporcionales. Ya hemos visto que Papert defiende este análisis genético cuando propone la geometría de la Tortuga. La visión conductista y la de los autores próximos al procesamiento de la información suelen ignorar esta dimensión evolutiva del conocimiento. Reconocer la dimensión genética en el proceso de conocimiento y de aprendizaje significa pues aceptar que cuando el

alumno aborda una tarea, tanto sus esquemas como el conocimiento que tiene de la realidad que está estructurando son el resultado de una evolución que ha empezado muchos años atrás. Lo que puede aprender depende en gran medida de esta evolución.

La visión constructivista de la teoría psicogenética tiene sin embargo serias limitaciones cuando ha de fundamentar la práctica educativa. Algunas de ellas han aparecido al discutir la propuesta de Papert y se refieren a la insuficiencia de la actividad estructurante espontánea del alumno para aprender ciertos contenidos escolares. En efecto, mientras que una actividad sin instrucción (mediante los mecanismos autorreguladores puestos de manifiesto por Piaget) puede garantizar la adquisición y comprensión de ciertos esquemas generales como la conservación, la seriación, la clasificación, es difícil que una actividad exploratoria permita el aprendizaje de contenidos más específicos como la suma, la resta, la dinámica newtoniana o las leyes de la combinación de productos químicos. Para que podamos pasar de estas adquisiciones necesarias tan generales a aprendizajes más específicos, hay que tener en cuenta dos elementos: los contenidos específicos de aprendizaje y las condiciones de instrucción. En estas últimas décadas los trabajos de la psicología de la instrucción han aportado algunos elementos que nos dan una visión más cercana al aprendizaje escolar que la visión general de Piaget. Estos trabajos se basan, por un lado, en contenidos específicos (matemáticas, conocimientos físicos, lenguaje oral, escritura, conocimiento social) y señalan la importancia de los conocimientos específicos en el aprendizaje de los diferentes contenidos mostrando, por ejemplo, la diferencia de actuación entre sujetos expertos y sujetos novatos. Son trabajos que muestran también la importancia de los conceptos y reglas espontáneas que poseen los alumnos cuando abordan tareas de diferente índole, conceptos y reglas que constituyen verdaderas teorías implícitas intuitivas (ver Pozo, 1989, pp.242-244; y Resnick, 1989 para una revisión de algunos de estos trabajos). Tomar en cuenta estas teorías intuitivas que poseen los alumnos es una necesidad antes de empezar cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos estudios muestran en efecto que no es suficiente enseñar a los alumnos el «buen» modelo para que abandonen sus concepciones intuitivas; hay que establecer conexiones entre sus ideas intuitivas y el nuevo modelo llevando al alumno a una toma de conciencia y a un tipo de actividad en la que se dé cuenta de las limitaciones de su teoría.

La segunda aportación de la psicología de la instrucción consiste en enfatizar los procesos de enseñanza que puedan conducir al alumno a una actividad de reestructuración y comprensión. No es suficiente determinar, como lo hace Piaget, el tipo de actividad general (abstracción, toma de conciencia, superar las contradicciones, coordi-

nar esquemas) para que tenga lugar una determinada adquisición. Es necesario también definir el tipo de intervención de las otras personas (profesor y alumnos) en el proceso de aprendizaje. Este punto se relaciona con nuestro segundo eje articulador, la mediación.

4.2.1.2. *Mediación*

Una de las limitaciones de la teoría genética es que no concede importancia suficiente a los procesos mediacionales que permiten el conocimiento y el aprendizaje. Piaget ha insistido siempre en mostrar cómo los esquemas y las operaciones mentales (transformadoras de la realidad) ocupan un papel primordial en el conocimiento, pero ha relegado a un segundo plano tanto los aspectos simbólicos sobre los que se aplican los esquemas operatorios y que mediatizan de manera peculiar la información (lenguaje, imagen, notación matemática, medio informático), como la mediación ejercida por las otras personas en el proceso de adquisición o de aprendizaje del niño.

El desinterés de Piaget por los contenidos de la cognición y del aprendizaje es coherente con el énfasis que concede al aspecto estructural y formal del conocimiento (recordemos su descripción del desarrollo en términos de estructuras lógico-matemáticas) en detrimento de las significaciones ligadas a contenidos particulares. Esto aparece de manera muy patente cuando subordina los aspectos ligados al contenido (el contenido lingüístico o icónico del conocimiento por ejemplo) a los aspectos operatorios; estos últimos, según Piaget, al ser dinámicos y al transformar la realidad, son los responsables del cambio evolutivo mientras que los primeros juegan un papel estático, de soporte de la cognición (Martí, 1991b). Como ya lo hemos indicado en el capítulo 1 al analizar las características del medio informático, numerosos estudios demuestran la importancia del medio simbólico que vehicula la información, medio que puede modificar, por sus características intrínsecas, los procesos de conocimiento y de aprendizaje. Nuestra visión parte pues del postulado que el conocimiento supone siempre una mediación simbólica para su codificación y para su tratamiento y concede más importancia que la otorgada por Piaget al aspecto mediacional del conocimiento, considerando que cada medio simbólico (lingüístico, matemático, icónico, gestual, informático) aporta sus especificidades en los procesos de conocimiento y de aprendizaje. Por ejemplo, utilizar un diagrama para aprender una noción matemática tiene unas consecuencias diferentes que utilizar un discurso lingüístico o una notación específicamente matemática; o utilizar la acción como medio simbólico para representar el movimiento de un objeto supone procesos de conocimiento diferentes que

la utilización de un simbolismo matemático. En este sentido, el interés de la utilización de los ordenadores en la enseñanza reside precisamente en la aportación que pueden hacer estos instrumentos al modificar algunos de los procesos cognitivos responsables del aprendizaje: énfasis en la manipulación de símbolos, actividades que exigen cierto rigor y precisión, necesidad de planificar y organizar las acciones, énfasis en la traducción de una notación simbólica a otra, favorecer las actividades metacognitivas, etc. Cuando propongamos situaciones de aprendizaje en las que se utiliza el medio informático, analizaremos pues de qué manera las características de este medio pueden ofrecer un tipo de aprendizaje diferente (o complementario) al que aparece en otras situaciones en las que no se utiliza el medio informático.

Considerar que el conocimiento viene mediatizado por la utilización de diferentes medios simbólicos sería incompleto si no consideramos que esta mediación suele hacerse la mayoría de veces a través de otras personas. Esto es aún más claro en situaciones de enseñanza-aprendizaje en las que los objetivos curriculares adoptados por el maestro y por el sistema escolar implican un tipo de ayuda y de intervenciones destinadas a garantizar determinados aprendizajes. Una de las limitaciones de la teoría psicogenética de Piaget que se hace aún más patente cuando consideramos el aprendizaje en un contexto escolar es la ausencia de un análisis de los procesos interactivos entre personas (sobre todo entre maestro y alumno, pero también entre alumnos), necesarios para la buena marcha de los aprendizajes (Coll, 1990; Coll y Martí, 1990). Aceptando pues el papel esencial que tiene la actividad estructurante del alumno en sus aprendizajes tal y como la defiende la visión constructivista y que se manifiesta por una constante interacción entre el sujeto y el material de aprendizaje, hay que añadir el papel necesario jugado por el maestro que guía y regula la actividad del alumno para garantizar que éste consiga un aprendizaje. Esta guía tiene que tener presentes los objetivos curriculares, en cuya definición y selección juegan un papel esencial el contexto cultural en el que se inserta la escuela, pero también tiene que adaptarse constantemente al nivel de actuación del alumno (teniendo presente, por ejemplo, sus ideas intuitivas, sus errores, su falta de motivación) creando una zona adecuada para el aprendizaje. Aunque no tengamos aún un modelo explícito de estas interacciones entre enseñante y alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje ni de los mecanismos que articulan la ayuda externa con la estructuración realizada por el alumno en sus aprendizajes, algunos estudios, basándose en los postulados de la teoría de Vygotsky (como el de la Zona de Desarrollo Próximo o el del paso de la regulación interpsicológica a la regulación intrapsicológica), nos ofrecen desde hace unos años interesantes análisis sobre las interacciones profesor/alumno en un contexto esco-

lar (Coll, 1990; Edwards y Mercer, 1988; Forman y Cazden, 1984). Todos estos estudios señalan la necesidad de considerar el papel jugado por el enseñante y por el contexto escolar en el que se sitúan los aprendizajes, además de considerar la actividad estructurante del alumno con el contenido de aprendizaje.

Señalemos, por último, la importancia que pueden jugar también las interacciones entre alumnos en los procesos de aprendizaje, interacciones que suelen ser muy importantes cuando los alumnos trabajan con ordenadores. En efecto, las actividades con ordenadores favorecen el intercambio y la discusión entre alumnos, sobre todo en las situaciones (muy frecuentes) en que dos alumnos trabajan ante un mismo ordenador. El hecho de visualizar un material común (lo que aparece en la pantalla) y de poderlo controlar a través del teclado (dando instrucciones, pidiendo información) favorece el intercambio entre alumnos en el proceso de aprendizaje (Clements y Nastasi, 1985; Cummins, 1989; Gunterman y Tovar, 1987; Webb, 1984). Este intercambio comunicativo puede ser un elemento enriquecedor en el aprendizaje al exigir una explicitación de los conocimientos, al poder jugar de regulador de la actividad del alumno o al permitir que se compartan y a veces se distribuyan ciertas tareas que se presentan en un aprendizaje y que en situaciones individuales el alumno ha de ejecutar sin la ayuda de nadie.

4.2.2. Entornos informáticos para el aprendizaje de contenidos escolares

Basándonos en los postulados que acabamos de presentar, las situaciones de aprendizaje con ordenadores que nos parecen más idóneas son aquellas que permiten al sujeto una actividad estructurante, actividad guiada sin embargo por la actividad reguladora del enseñante (y de los otros compañeros); son situaciones que se centran en un contenido determinado de las materias contempladas en el currículum escolar y que explicitan los objetivos de aprendizaje de manera clara; son situaciones que aprovechan las potencialidades del medio informático y que en la medida de lo posible están diseñadas teniendo en cuenta un análisis genético del contenido de aprendizaje que debería contemplar las teorías intuitivas forjadas por los alumnos sobre el contenido en cuestión. Estas condiciones nos parecen importantes para crear entornos de aprendizaje con ordenadores que aprovechen al máximo las potencialidades del medio informático y que soliciten actividades que se integren con el resto de las actividades escolares. Somos conscientes que tantas condiciones son difíciles de cumplir, pero nos parece indispensable ofrecer un marco general exhaustivo dentro del cual puedan tener cabida diferentes propuestas concretas de la utilización de los ordenadores para las diferentes ma-

terias (matemáticas, lengua, ciencias, música). En la segunda parte del libro ofreceremos con más detalle ejemplos de estos entornos informáticos que analizaremos contenido por contenido. Nos contentaremos aquí con señalar las características principales de dichos entornos.

(a) Variedad de «software»

En cierto momento del proceso de aprendizaje puede ser adecuado que el alumno programe y por esto será conveniente proponerle un Micromundo (como el de la Tortuga del lenguaje LOGO) en el que pueda diseñar sus propios programas; en otro momento es posible que sea adecuado un Micromundo que le permita adquirir ciertos automatismos para el manejo de ciertas operaciones básicas: un EAO de ejercitación y práctica puede resultarle adecuado para tal objetivo; puede ser también adecuado proponerle un sistema inteligente de enseñanza asistida que le guíe en el aprendizaje de una noción más compleja. Como ya hemos visto al analizar las propuestas de los conductistas, de los autores próximos al procesamiento de la información y de Papert, y como acabaremos de ver de manera más sistemática en el capítulo siguiente, la variedad de «software» educativos es muy grande. Como el «software» es tan sólo uno de los elementos necesarios del entorno de aprendizaje, no nos parece adecuado escoger tan sólo un tipo de «software» en detrimento de los otros. Cada uno puede tener su utilidad en algún momento del proceso de aprendizaje que es un fenómeno más amplio que la sola utilización del «software». Una centración excesiva en los «software» (defendiendo, por ejemplo, que los alumnos han de programar y no utilizar EAOs o que han de programar con LOGO y no con otro lenguaje de programación, o que han de hacer tan sólo ejercicios de EAO pues son los más sencillos) puede desembocar en una situación en la que se espera todo de la interacción alumno-ordenador desechando el contexto más amplio de aprendizaje (relación con las otras materias, procesos interactivos entre personas, ejercicios que el alumno hace sin ordenador). Dicho de otra manera, un «software» por muy bien diseñado que esté, no será nunca una condición suficiente para que tenga lugar un aprendizaje significativo para el alumno. Se puede proponer el lenguaje LOGO y hacer trabajar a los alumnos de forma mecánica y rutinaria; se pueden también proponer EAOs lo suficientemente pertinentes para que permitan aprendizajes puntuales pero importantes, punto de partida para otros aprendizajes más amplios.

(b) Utilizar las potencialidades del medio informático

Tanto en la creación de estos «software» educativos como en

su utilización en un entorno adecuado de aprendizaje, nos parece importante aprovechar las potencialidades del medio informático (ver capítulo 1). Es importante plantearse lo que diferencia un aprendizaje con ordenadores de un aprendizaje que utiliza los medios simbólicos clásicos con el fin de sacar todo el provecho de la potencialidad de los ordenadores. Sería por ejemplo nefasto no aprovechar el carácter interactivo de los ordenadores y proponer situaciones basadas en una transmisión de información con poco margen de intervención por parte del alumno; sería también empobrecedor no utilizar la variedad de notaciones simbólicas (lingüísticas, matemáticas, icónicas) que nos ofrece el medio informático y ofrecer al alumno situaciones con un solo tipo de notación; sería igualmente un error no aprovechar la posibilidad que ofrece el ordenador de trabajar en colaboración. Estas y las otras posibilidades que ofrece el ordenador han de estar presentes, en la medida de lo posible, a la hora de concebir un entorno de aprendizaje. Si no hacemos esta reflexión, es inútil emplear ordenadores para la enseñanza pues seguiremos haciendo lo mismo que cuando no empleábamos ordenadores (con la diferencia que ahora tendremos unas máquinas costosas que nos ocupan tiempo y lugar).

- (c) Integrar las actividades con ordenador a otras actividades sin ordenador

Nos parece importante que las actividades que se hagan con ordenadores (escribir, programar, resolver algún ejercicio EAO, intervenir en una simulación) puedan ser contrastadas y completadas con otras actividades clásicas que en vez de utilizar el ordenador utilizan otros medios simbólicos (escritura, dibujos, lenguaje hablado, manipulación de objetos). Los alumnos pueden comparar una situación con las otras y darse cuenta, de esta manera, de las ventajas y limitaciones de cada situación y pueden llegar a una toma de conciencia más adecuada de los procesos cognitivos en juego en cada una de ellas. Esta relación entre las actividades con ordenador y otras actividades escolares permite al mismo tiempo integrar el ordenador en el contexto escolar como un instrumento más que puede ser útil para la comprensión y el aprendizaje de algunos temas.

- (d) Considerar la actividad estructurante del alumno como el elemento central del entorno de aprendizaje

De acuerdo con los postulados de la concepción constructivista del conocimiento y del aprendizaje, el objetivo esencial de estos entornos de aprendizaje es garantizar que el alumno tome una

parte activa en el proceso de aprendizaje. La interacción con el ordenador debe permitir un margen amplio de iniciativa como ocurre, por ejemplo, en el diseño de proyectos al interior de algún Micromundo (que proponen ciertas instrucciones de base para la elaboración de programas sencillos), o en la exploración de un «software» de simulación que permita la visualización de ciertos efectos relativos a fenómenos físicos); o debe garantizar por lo menos una interacción entre las propuestas del alumno y las informaciones que recibe del ordenador que le permita modificar sus propuestas, tomar conciencia de sus estrategias y poder corregir algunos de sus errores (cuando por ejemplo el alumno utiliza una hoja de cálculo para organizar datos numéricos y operar sobre ellos, o cuando utiliza un «software» que le indica la naturaleza de sus errores).

El objetivo primordial de estas situaciones de aprendizaje es garantizar que el alumno pueda llegar a la solución de las tareas que se le proponen desplegando una gama variada de procesos cognitivos: elaboración y verificación de hipótesis, planificación, corrección de errores, toma de conciencia, etc.

(e) Crear situaciones de aprendizaje a partir de contenidos específicos

Ya hemos señalado que una de las aportaciones de la psicología cognitiva próxima al proceso de la información y de la psicología de la instrucción ha sido la de revalorizar la importancia de los contenidos específicos. No parece suficiente, tal y como lo sugería Piaget, armarse de ciertos esquemas y estructuras generales para ser capaz de abordar con éxito determinadas tareas. Cada contenido (matemáticas, lenguaje, ciencias, música) requiere una parte de conocimientos y procedimientos específicos. Los esquemas y estructuras generales son seguramente una condición necesaria para ciertas adquisiciones, pero no una condición suficiente. La base de conocimientos y las destrezas que adquiere el alumno en áreas determinadas de conocimiento son igualmente decisivas a la hora de determinar su capacidad de resolver problemas o de aprender. Por estas razones nuestra propuesta sitúa los entornos de aprendizaje con ordenadores dentro de las materias escolares.

Una segunda razón, de orden más práctico, nos conduce a proponer entornos de aprendizaje dentro de cada materia escolar. Consideramos el ordenador como un instrumento más para el aprendizaje (junto a los otros medios clásicos) y no como un fin en sí mismo. A nuestro entender sería un error proponer actividades con el ordenador desligadas de los contenidos escolares pues no se apreciaría de esta manera el valor funcional e instrumental del ordenador para resolver situaciones determinadas que

se presentan en los diferentes ámbitos del conocimiento. El objetivo no es aprender sobre el ordenador sino aprender conocimientos y procedimientos a través del ordenador.

A pesar de esta organización de los entornos de aprendizaje con ordenador por materias (matemáticas, lengua, ciencias) no hemos de olvidar que una aportación posible de los ordenadores es sensibilizar al alumno sobre las relaciones entre diferentes contenidos y establecer así relaciones entre las diferentes disciplinas. El medio informático, al constituir un medio que integra diferentes notaciones simbólicas y que se rige por un sistema formal abstracto que permite aplicaciones muy diferentes puede prestarse a la realización de proyectos que necesiten la integración de conocimientos y procedimientos que provienen de diferentes disciplinas (lenguaje, matemáticas, lógica, física, biología) (Vitale, 1990a). El hecho de partir pues de aprendizajes ligados a contenidos escolares específicos no ha de impedir que se propongan proyectos que impliquen relaciones entre diferentes disciplinas.

- (f) Analizar genéticamente la tarea y establecer relaciones con las teorías implícitas de los alumnos

Una de las aportaciones de la teoría de Piaget que recoge Papert y que también hemos valorizado al presentar el postulado constructivista es la necesidad de considerar conjuntamente el polo sujeto (la actividad del alumno) y el polo objeto (el contenido a estructurar) en cualquier acto de conocimiento (Piaget, 1975). Este hecho tiene una doble implicación. Por un lado, al proponer una tarea determinada al alumno hemos de analizar el tipo de actividad y de esquemas que requiere, y valorar si la tarea es adecuada al nivel de competencia del alumno. De poco serviría presentar a un alumno de 6 años tareas que requieren la aplicación del esquema de proporcionalidad teniendo en cuenta que este esquema es complejo y requiere la consolidación de otros esquemas que se están construyendo a partir de esta edad (como el esquema aditivo y sustractivo). Por otro lado, es útil hacer un análisis de las etapas por las que suelen pasar los niños en la elaboración del esquema en cuestión para diseñar una situación que permita trabajar precisamente esta etapa de transición. Así, en nuestro ejemplo, como sabemos que uno de los problemas que han de afrontar los alumnos es pasar de estrategias de tipo aditivo a estrategias multiplicativas, la tarea debería ofrecer la posibilidad de señalar las dificultades principales ligadas a esta evolución. Lo que ocurre muchas veces es que la evolución de los esquemas generales (como el de adición, sustracción, proporción, etc.) no son suficientes para caracterizar las estrategias y los cono-

cimientos intuitivos que tienen los alumnos antes de abordar una tarea determinada. Como lo sugieren algunos estudios que hemos comentado más arriba, es entonces necesario detectar los conocimientos y procedimientos intuitivos que tienen los niños sobre una tarea determinada para proponerles situaciones que permitan un aprendizaje en la dirección deseada (por ejemplo situaciones que tomen en cuenta los resultados de estudios que hayan puesto de manifiesto las principales concepciones intuitivas y las estrategias que tienen los sujetos sobre el esquema de proporcionalidad). Esto requiere el diseño de situaciones que de alguna manera partan de la experiencia previa de los alumnos.

(g) Definir la intervención del enseñante

Una de las tentaciones más frecuentes que aparecen cuando se diseñan situaciones de aprendizaje con ordenadores es la de imaginar un alumno solitario interactuando con el ordenador. Ya hemos señalado en el capítulo precedente que tanto los autores de la tradición conductista como los del procesamiento de la información se preocupan prioritariamente de la estructuración de los programas en detrimento de la actividad estructurante del alumno; la iniciativa, para ellos, pertenece al ordenador. Es el quien controla la actividad del alumno. Teóricamente, éste no necesita otra ayuda que la que le ofrece el ordenador. La diferencia es que los autores próximos al procesamiento de la información, al basarse en los procesos de conocimiento y de aprendizaje de los sujetos conciben un tipo de «software» más abierto, más variado y más adaptado a la actividad del alumno (los IEAO). Pero esta adaptación tiene serias limitaciones pues es difícil (al menos actualmente) diseñar un modelo de «software» que pueda simular y prever el tipo de intervención, de sugerencias y de ayudas que necesita el alumno en su proceso de aprendizaje.

La propuesta de Papert, como acabamos de ver, es muy diferente pues todo el énfasis está puesto en la actividad de exploración del alumno que tiene ante sí un «software» enormemente rico y abierto. A pesar del rechazo de Papert por las situaciones de aprendizaje que se limitan a considerar las interacciones alumno-ordenador y a pesar de su defensa por una cultura informática más amplia, sus propuestas no precisan cómo hay que articular la actividad exploratoria de alumno con este entorno más amplio. Precisamente muchas de las limitaciones de los estudios evaluativos que plantean la cuestión del aprendizaje en Micromundos de tipo LOGO (ver el capítulo 2) provienen de la ausencia de una intención instruccional y de la falta de consideración del papel del enseñante y de los otros alumnos en el aprendizaje.

Nos parece pues esencial ampliar la red de interacciones y considerar también las que ocurren entre el alumno y el enseñante, ya sea interacciones directas (verbalizaciones y acciones que dirigen y guían la actividad del alumno) ya sea interacciones que pasan a través del ordenador (cuando, por ejemplo, el enseñante manipula el ordenador para mostrar al alumno algún aspecto de la tarea que está resolviendo). El objetivo esencial de estas intervenciones es regular la actividad del alumno situándolo en lo que Vygotsky denomina «Zona de desarrollo potencial» (Vygotsky, 1979) y que otros autores han reelaborado con conceptos afines (como el «andamiaje»)(Wertsch, 1979; Wood, 1980; Wood, Bruner y Ross, 1976). El enseñante dirige y regula las actividades del alumno en aquellos aspectos que éste último no domina y en los que necesita la ayuda externa. Pero esta regulación externa es sólo una primera fase pues ha de permitir al alumno construir progresivamente sus conocimientos de forma cada vez más autónoma y por esto ha de ir dejando paso a un control por parte del alumno cuando éste vaya siendo capaz de dirigir su propia actividad. Esta actividad del enseñante es compleja y sólo desde hace unos años se va conociendo su naturaleza (Coll, 1985, 1986, 1988). El enseñante manifiesta en efecto una gama variada de actividades que le permiten regular la actividad del alumno de forma adecuada respetando la actividad estructurante de este último. Entre ellas destacan: detectar e interpretar los errores del alumno proponiendo alternativas para superarlos, proponer ayudas adecuadas al nivel de competencia del alumno, basar la ayuda en los conocimientos previos del alumno y en su actividad precedente, proponer modelos de actuación para que el alumno pueda tomarlos como ejemplos heurísticos, sugerir nuevas metas y nuevas situaciones de resolución cuando decae el interés del alumno. Nos damos cuenta de que, junto al factor de ayuda adaptada a las necesidades y a la competencia cognitiva del alumno, el factor motivador juega también un papel importante en la interacción profesor-alumno. El primero ha de velar para que el interés del segundo no decaiga y para que los aprendizajes sean significativos para el niño.

En este contexto común a todas las situaciones de aprendizaje, la presencia del ordenador puede incidir como una nueva mediación que, por sus características, modifica en parte estos procesos interactivos. Por un lado, el ordenador ofrece un nuevo medio para la intervención del enseñante. Al constituir un medio dinámico, interactivo y público (en la pantalla aparecen todas las cambios que el usuario introduce en el programa), el ordenador facilita la corrección de errores (se identifican con mayor claridad

los errores y las modificaciones introducidas para corregirlos) y facilita también las intervenciones que consisten en ofrecer al alumno un ejemplo que pueda servirle como base para su actividad. Por otro lado, al asumir una parte de las informaciones que requiere el alumno para proseguir sus aprendizajes el ordenador puede ser un complemento muy útil al profesor a la hora de sostener y guiar la actividad del alumno. El ordenador puede, por ejemplo, ayudar al alumno a saber si sus respuestas son acertadas o no, a tener algún tipo de información sobre los errores que comete, a saber qué secuencia de ejercicios debe realizar para una comprensión adecuada del tema que está aprendiendo o a saber qué opciones puede elegir cuando ha de aplicar una regla para resolver un problema. En todos estos casos, el profesor puede delegar una parte de su labor instruccional (aunque sea una mínima parte) al ordenador. Una de las tendencias actuales en el diseño de «software» educativos consiste precisamente en simular con el ordenador la compleja actividad del enseñante creando programas que, por ejemplo, susciten actividades en las que el ordenador (por las ayudas y guías que ofrece) cree una situación interactiva próxima a la Zona de Desarrollo Potencial. Como ya lo hemos señalado en el capítulo anterior estos intentos, aunque prometedores, distan mucho de ser satisfactorios, en gran parte porque aún no se conocen con exactitud los procesos instruccionales desplegados por los enseñantes en situaciones educativas.

- (h) Considerar el papel jugado por los otros alumnos en el proceso de aprendizaje

El ordenador, como ya lo hemos señalado más arriba, ofrece también la posibilidad de potenciar otro tipo de interacciones personales desestimadas en la mayoría de aprendizajes escolares: la interacción entre iguales. Numerosos estudios han demostrado estos últimos años la importancia de las interacciones entre alumnos en el proceso de aprendizaje (Coll y Colomina, 1990; Johnson, 1981; Webb, 1989). Los alumnos, junto al profesor, pueden desempeñar una función mediadora de gran importancia. Entre los procesos interactivos que destacan por su importancia, señalemos: confrontación de puntos de vista; controversias conceptuales; explicitación de informaciones que han de compartirse; solicitar ofrecer y recibir ayuda; constituir un ejemplo de actuación para el otro; guiar, y rectificar la actuación del compañero.

Por estas razones nos parece importante concebir entornos de aprendizaje que faciliten la interacción entre iguales; por ejemplo haciendo trabajar a los alumnos en grupos de dos frente al orde-

nador (4). Esta es una condición de base, pero no es suficiente poner a dos alumnos ante el ordenador para que sus interacciones sean productivas. Se han de idear tareas lo suficientemente abiertas para que permitan el intercambio y la confrontación de puntos de vista, y una corrección de errores en común; y se ha de crear una situación de aprendizaje que favorezca la cooperación y la búsqueda de una solución común en vez de situaciones paralelas o competitivas. El ordenador, al igual que constituye un mediador útil entre el enseñante y el alumno, puede facilitar también las interacciones entre alumnos. Ofrece, por un lado, un medio público (a través de la pantalla) fácilmente compartido por los alumnos a la hora de discutir propuestas, comparar proyectos o corregir errores. Ofrece también un acceso (a través del teclado) y unas reglas de intervención comunes para todos los usuarios, lo que facilita la comparación de soluciones y la posibilidad de corregir errores. Ofrece una posibilidad de control de las actividades de los alumnos inmediata y fácilmente accesible (los alumnos ven si lo que acaban de realizar es o no correcto). Y en muchos casos (cuando las tareas propuestas son abiertas y se basan en proyectos personales de los alumnos) el hecho de trabajar con el mismo ordenador provoca un sentimiento de colaboración y de implicación en un mismo proyecto por parte de los dos alumnos que trabajan conjuntamente.

Este trabajo en común no excluye en absoluto actividades en las que los alumnos trabajen solos ciertos contenidos (con o sin ordenador) o actividades en las que también se pueden confrontar los resultados obtenidos en varios ordenadores. Una de las características del trabajo con ordenadores (pensamos sobre todo en aquellas situaciones en las que se deja un gran margen de intervención a la actividad y exploración del alumno) es precisamente la frecuencia de intercambios de informaciones y procedimientos entre alumnos que trabajan en ordenadores diferentes y la frecuencia de casos en los que una idea se coge como ejemplo y sirve de base para la elaboración de otros proyectos.

En las situaciones de aprendizaje con ordenador nos parece pues importante considerar las interacciones entre cinco elementos como mínimo:

- el alumno, protagonista principal pues es él quien construye su conocimiento
- el ordenador, que ofrece un medio simbólico que mediatiza de modo peculiar las interacciones entre el alumno y la tarea, entre el alumno y el enseñante y entre el alumno y sus compañeros

- una tarea de resolución de problemas definida en un determinado contenido curricular
- el profesor, que con su actividad de guía y ayuda juega un papel esencial en el aprendizaje del alumno
- los otros alumnos (sobre todo los que comparten el mismo ordenador) que juegan un papel motivador y de confrontación de ideas muy importante.

(i) Definir los objetivos curriculares de la situación de enseñanza/aprendizaje

No olvidemos, por último, que cualquier situación de aprendizaje escolar se enmarca en un contexto más amplio que el de las interacciones alumno-profesor y alumnos entre sí. Las interacciones en un proceso de enseñanza-aprendizaje forman parte de un contexto escolar y cultural que, entre otras cosas, define los objetivos de aprendizaje de los alumnos. Negar este aspecto suele conducir a situaciones de aprendizaje con ordenadores totalmente aisladas con el resto de las experiencias escolares del alumno como si la novedad del medio informático implicase una concepción libre y espontánea del aprendizaje y de sus objetivos. Ya hemos señalado en el capítulo 2 que muchas de las evaluaciones efectuadas en torno al aprendizaje con ordenadores han dado resultados negativos cuando faltaba una definición clara de los objetivos instruccionales y una planificación lo más precisa posible de las secuencias de enseñanza-aprendizaje necesarias para la consecución de estos objetivos y de su evaluación. El hecho de pensar, como lo sugiere Papert, que el solo hecho de potenciar las interacciones alumno-ordenador mediante un «software» adecuado provoca aprendizajes significativos supone dejar de lado toda la problemática de las intenciones educativas (presentes en los objetivos de la escuela a través de su currículum y presentes en el enseñante como guías de su actuación con los alumnos) en las que se enmarcan los aprendizajes en la escuela. La dificultad reside entonces en clarificar, en la medida de lo posible, lo que se espera que aprenda el alumno sin caer en una situación de aprendizaje basada únicamente en la transmisión unilateral de conocimientos (como proponen los EAO de ejercitación y práctica), una situación que deje una parte importante de la construcción de conocimientos al alumno, pero que esté al mismo tiempo dirigida por objetivos curriculares precisos (lo que permanece muchas veces ausente en la propuesta de Papert). Siguiendo con nuestro ejemplo en torno a la proporcionalidad, no es suficiente que se ofrezcan al alumno Micromundos (como el de la Tortuga) en los que tal vez diseñará programas en los que aplicará el esquema de pro-

porcionalidad (por ejemplo cuando intente hacer una figura proporcionalmente más pequeña que otra) pues nos arriesgamos a que el alumno se pierda en detalles de programación y en diseños ajenos a estos objetivos. Nos parece más adecuado diseñar algunos Micromundos mucho más definidos que ayuden al alumno a manejar algunos de los aspectos importantes del esquema de proporcionalidad: por ejemplo, ofrecerle el programa de una figura compuesta por varias partes y pedirle que lo modifique para que el resultado sea una figura proporcionalmente más pequeña; esta tarea implica el uso de una estrategia multiplicativa si se quiere obtener una figura más pequeña y al mismo tiempo proporcionada pues las estrategias sustractivas conducen en efecto a una figura más pequeña, pero que no conserva las mismas proporciones entre las diferentes partes (Hoyles, Noss y Sutherland, 1989). El hecho de especificar los objetivos curriculares y de diseñar una situación acorde con ellos suele ser un elemento primordial para conseguir aprendizajes significativos.

- (1) Al hablar de «aprendizaje sin instrucción» Papert se refiere a todas aquellas adquisiciones naturales que no requieren una instrucción formal explícita. Piaget da importancia a este tipo de aprendizajes pues su objetivo es el estudio del «sujeto epistémico», es decir, de los aspectos más generales en el desarrollo cognitivo del niño, pero no de las adquisiciones particulares de un sujeto individual (Inhelder, 1978). Al hablar de estas adquisiciones muy básicas, necesarias y generales enfatiza el papel estructurante de la actividad del niño hasta el punto de criticar todas aquellas intervenciones externas que impiden al niño elaborar sus conocimientos a su manera. Sería sin embargo abusivo identificar estas adquisiciones que no requieren instrucción explícita con todos los aprendizajes y especialmente con los aprendizajes escolares que requieren una ayuda explícita y cuya realización por parte del alumno no es espontánea.
- (2) El nombre de «Tortuga» proviene de las primeras aplicaciones de LOGO en las que se podía guiar un pequeño robot en forma de tortuga (o en forma de pequeño aspirador como puntualiza Solomon, 1987, p. 123); esta Tortuga de suelo conectada a un ordenador podía seguir las instrucciones dadas en lenguaje LOGO, dejando un trazado de sus desplazamientos en el suelo. Muy pronto, la Tortuga es sustituida por un cursor gráfico que se desplaza en la pantalla y que permite también dejar el trazado de sus desplazamientos.
Remitimos al lector que quiera conocer con más detalle las primitivas y las reglas del lenguaje LOGO a las referencias siguientes: Abelson y Di Sessa, 1986, Reggini, 1982, Rodríguez-Roselló, 1986.
- (3) Hemos escogido el término de «entornos de aprendizaje» para señalar que una situación de aprendizaje con ordenadores no se limita a diseñar o a seleccionar un buen «software» y definir sus condiciones de uso sino que requiere una reflexión sobre otras condiciones (papel del alumno, papel del profesor y de los otros alumnos, relación entre las actividades con ordenador y actividades sin ordenador, integración del aprendizaje en el contexto escolar) necesarias para lograr un aprendizaje satisfactorio.
- (4) Nuestra propuesta de grupos de dos alumnos puede parecer algo mágica. ¿Por qué dos y no tres o cuatro o cinco? Sin querer decidir de antemano y de manera rígida lo que puede resultar más conveniente (o necesario) en una situación determinada, los grupos de dos alumnos compartiendo un mismo ordenador nos parecen los más adecuados. Razones prácticas (el acceso al teclado y la visualización de la pantalla) aconsejan no constituir grupos muy numerosos. Pero los grupos más numerosos suelen también originar dificultades a la hora de repartirse las actividades en una tarea de manera cooperativa; es más fácil que algunos alumnos adopten una actitud más pasiva y permanezcan exteriores a la tarea.

SECCIÓN II
APLICACIONES EDUCATIVAS

CAPÍTULO 5.

INTRODUCCIÓN DE LA INFORMÁTICA EN UN CONTEXTO EDUCATIVO

En los capítulos 3 y 4 hemos podido darnos cuenta de la articulación entre las principales teorías del aprendizaje y los entornos informáticos que se deducen de ellas. Hemos visto que la adopción de una teoría psicológica que fundamenta la concepción del aprendizaje (conductismo, procesamiento de la información, Inteligencia Artificial, psicología genética, psicología de la instrucción, teoría de la mediación) conduce a una determinada manera de entender la utilización de la informática en los aprendizajes escolares. Pero nos hemos situado a un nivel de análisis teórico (postulados teóricos que determinan la concepción del aprendizaje que a su vez determina el entorno informático seleccionado) sin considerar las estrategias efectivas de la introducción de la informática en la escuela. En este capítulo adoptaremos un nivel de análisis complementario al primero a la vez más práctico y más sistémico. Nos ocuparemos de las propuestas concretas de la introducción de la informática a nivel de todo el sistema escolar en un doble aspecto. Primero en relación con las recomendaciones propuestas por los documentos sobre la Reforma del sistema educativo. En segundo lugar, basándonos en este análisis, señalaremos las dimensiones esenciales que suelen guiar los proyectos de la utilización educativa de la informática.

5.1. ¿Cómo está contemplada la informática en los documentos sobre la Reforma del Sistema Educativo Español?

Muchas de las utilizaciones concretas que las escuelas españolas

harán de la informática los próximos años estarán determinadas en parte por las recomendaciones realizadas en el Libro Blanco de la Reforma y sobre todo en los Diseños Curriculares Base (DCB) del Ministerio de Educación y Ciencia. Sin poder entrar en detalle en los principios que rigen la elaboración de tales diseños (ver, por ejemplo, Coll, 1991) recordemos que estos diseños constituyen una propuesta genérica, flexible y abierta cuya concreción debe realizarse en una segunda etapa por las Comunidades Autónomas con competencias educativas, y en una tercera etapa por los centros escolares y por los propios profesores. Lo que vamos a analizar son pues las recomendaciones generales que aparecen en los Diseños Curriculares, sin olvidar que son tan sólo un punto de partida para un trabajo posterior de adaptación y concreción de las propuestas sobre informática en el contexto de cada escuela.

Nos centraremos en los ciclos de la Educación Primaria y Secundaria pues no existe ninguna referencia explícita al uso de la informática en el nivel de Educación Infantil. Nuestro análisis se basa en los DCB del Ministerio de Educación y Ciencia (Diseño Curricular Base. Educación Primaria, 1989; Diseño Curricular Base. Educación Secundaria Obligatoria I y II, 1989)

5.1.1. *Objetivos generales*

En la parte introductoria (Prólogo y Parte I. Diseño y Desarrollo Curricular), común a los diseños de la educación Primaria y Secundaria, se contemplan directrices generales para la utilización de las nuevas tecnologías en la enseñanza. Aparecen luego recomendaciones cuando se tratan los diferentes niveles (primario y secundario) organizados en áreas curriculares.

En el prólogo a los DCB del Ministerio de Educación y Ciencia aparece una clara referencia a la incorporación de las Nuevas Tecnologías en una doble vertiente: como contenido curricular y como medio didáctico. La justificación de tal recomendación viene guiada por la apertura de la escuela al entorno y a las exigencias de una sociedad altamente desarrollada. Entre otras finalidades generales, el Diseño pretende:

«La apertura de la escuela al entorno, a las realidades sociales que la rodean, y también al progreso de la cultura en sus distintas manifestaciones, apertura que aparece en la incorporación de nuevos contenidos en el currículo, nuevas tecnologías de la educación, nuevos lenguajes y, en general, atención a las exigencias de una sociedad altamente desarrollada. En coherencia con esta línea, el currículo se propone incorporar las Nuevas Tecnologías de la Información como contenido curricular y también como medio didáctico» (DCB. Educación Primaria, 1989, p. 10; DCB. Educación Secundaria Obligatoria I, 1989, p. 10).

A la hora de determinar los proyectos y programaciones curriculares se señala la necesidad de establecer los principales materiales didácticos que se van a utilizar y se citan entonces una serie de materiales didácticos (libros de consulta, libros de actividades, material autocorrectivo, libros de lectura, carteles, mapas, etc.) entre los que se señalan los «programas informáticos» y los «equipos de tecnología» (Ibidem, p. 55).

En esta primera parte introductoria de los DCB se propone pues la utilización de las nuevas tecnologías en tanto que contenido curricular, (informática como objeto de aprendizaje), y en tanto que instrumento en los procesos de enseñanza-aprendizaje (informática como medio didáctico). Esta última modalidad de utilización se ilustra tan sólo haciendo referencia a los equipos tecnológicos y a los programas informáticos. No aparece ninguna caracterización sobre el tipo de programas a utilizar (comerciales, EAO, a elaborar por el enseñante, lenguajes de programación, etc.) ni sobre el destinatario de estos materiales didácticos (¿para el alumno, para el profesor, para ambos?) ni sobre las condiciones educativas de su utilización (materiales exploratorios, de resolución de problemas, de transmisión de contenidos, etc.).

5.1.2. Educación Primaria (6-12 años)

Uno de los objetivos generales de la educación primaria es la capacidad de «utilizar de forma crítica los recursos tecnológicos» con el fin de plantearse y resolver problemas de forma autónoma y creativa partiendo de los conocimientos del medio físico y social (DCB. Educación primaria, 1989, p. 80, apartado 4). Este objetivo recoge de nuevo la idea de que la informática (junto con otros recursos tecnológicos) puede constituir un medio de aprendizaje adecuado; se señala en este caso que su función puede ser la de plantear y resolver problemas relativos al entorno físico y social de los alumnos.

Al analizar las áreas curriculares una a una (1. Conocimiento del medio, 2. Educación artística, 3. Educación Física, 4. Lengua y Literatura, 5. Lenguas extranjeras, 6. Matemáticas y 7. Religión) aparecen consideraciones explícitas sobre la informática en el Área 1 (Conocimiento del medio), Área 4 (Lengua y Literatura), Área 5 (Lenguas extranjeras) y Área 6 (Matemáticas).

Por lo que se refiere al *Conocimiento del Medio*, uno de los bloques de contenido, el 7, concierne a «Las máquinas y aparatos» y en el apartado «Hechos, conceptos y principios» se cita en el punto 1 el conocimiento de máquinas y aparatos de uso más frecuente:

— «Máquinas y aparatos presentes en la casa, la escuela, las tiendas, etc.

- Las máquinas como combinación de diferentes elementos (operadores)
- Operadores que realizan la misma función parcial en diferentes máquinas
- Combinación de operadores y función global de la máquina» (DCB. Educación primaria, 1989, p.122).

En el Área de *Lengua y Literatura* se mencionan las nuevas tecnologías en el punto IV (Orientaciones didácticas y para la Evaluación). Después de indicar la importancia de la actitud del profesor y del clima creado en clase se especifica:

«En este contexto, la utilización adecuada de determinadas nuevas tecnologías, puede resultar un medio útil para este área (...)

También merecen atención las técnicas de tratamiento digital de la información, entre las cuales destaca ahora el ordenador. El ordenador ha de ser considerado como un instrumento encaminado a solucionar problemas reales y concretos en la clase de lengua. No se debe entender el aprendizaje de la informática como un fin en sí mismo; tampoco deben crearse de forma artificial problemas que no respondan a una necesidad específica del aula, para justificar su resolución mediante el ordenador (...)

El ordenador puede ser una herramienta muy útil en actividades relacionadas con la producción estructurada de textos y con su manipulación, y su utilización puede agilizar y simplificar el acercamiento a la reflexión sobre el propio discurso. También se puede utilizar como medio de acceso a distintas fuentes de información, diccionarios, enciclopedias, etc. con una flexibilidad de uso y capacidad muy superiores a las habituales.

Está claro que estas herramientas abren un amplio abanico de posibilidades que aportarán nuevas e interesantes facetas al área de Lengua y Literatura, pero que sólo podrán ser útiles cuando el alumno haya alcanzado el nivel suficiente para que aparezca, de forma espontánea, la necesidad de emplearlas» (DCB. Educación Primaria, 1989, p.293-294).

Si hemos citado en casi toda su extensión este punto es porque contiene, a nuestro entender, indicaciones interesantes y nuevas en relación a las recomendaciones anteriores. Se opta por utilizar el ordenador como un instrumento para resolver problemas, pero se descarta el aprendizaje de la informática como fin en sí mismo. Se señalan luego dos ventajas de la utilización del ordenador: agilizar y simplificar el acercamiento a la reflexión sobre el propio discurso, uso flexible para el acceso a la información. Estas aclaraciones y análisis nos parecen totalmente útiles y necesarios; al señalar en qué consisten las ventajas de su uso ayudan a adoptar estrategias más precisas en la utiliza-

ción del ordenador. Sin embargo, lo que nos parece más problemático es el hecho de que se haya de esperar que el alumno muestre, de forma espontánea, la necesidad de emplearlas. Si centenares de generaciones de alumnos no han sentido nunca la necesidad de emplear medios tecnológicos para la escritura no vemos como la simple presencia de ordenadores en su entorno puede hacer aparecer esta necesidad. A nuestro entender, ha de ser el enseñante, quien en un primer momento, muestre las nuevas posibilidades de la informática en las clases de Lengua e incite a los alumnos a su empleo definiéndoles tareas apropiadas a su nivel. Como ya los hemos señalado en el capítulo anterior al analizar la propuesta de Papert, no creemos que el hecho de enfatizar exageradamente el uso espontáneo de la informática conduzca a situaciones en las que los alumnos puedan sacar todo el provecho posible de este nuevo medio.

En el Área de *Lenguas extranjeras*, las recomendaciones para el uso del ordenador son también diversas. En la sección dedicada a las orientaciones didácticas y a la evaluación se señala que las nuevas tecnologías pueden hacer que los alumnos se aproximen a la lengua que están aprendiendo (el inglés, en este caso) de manera mucho más natural: búsqueda de una información en inglés (en una base de datos por ejemplo), uso de instrucciones en inglés (en un tratamiento de textos o en los juegos de ordenador, por ejemplo). En este caso se señala el aspecto motivador que puede tener el ordenador pues el alumno se da cuenta de que dominando algunas palabras en inglés consigue objetivos útiles (buscar información) o lúdicos (cuando juega con el ordenador). Se sugiere, por último, la utilidad del ordenador como facilitador de tareas de recuperación pues su uso puede descargar al profesor (los alumnos pueden trabajar individualmente) y al mismo tiempo ofrece un sistema flexible que se adapta al nivel de competencia y al ritmo personal de cada alumno (DCB. Educación Primaria, 1989, pp. 374-375).

Señalemos la diferencia entre las dos opciones adoptadas en esta área para la utilización del ordenador. Por un lado se promueven actividades lúdicas y motivantes en las que el alumno persigue ciertos fines cuyo alcance necesita el uso de términos y expresiones inglesas. En este caso el ordenador es un medio que facilita un aprendizaje pero que no dirige de manera rígida las actividades del alumno. Por otro lado, cuando se sugiere el uso del ordenador para tareas de recuperación, nos encontramos con un uso muy próximo a la enseñanza programada en el que el ordenador dirige la actividad del niño de forma mucho más rígida y en el que el objetivo didáctico está explícitamente contenido en el programa (que es de tipo EAO).

Por último, en el Área de *Matemáticas* se contemplan también diversas sugerencias para la utilización de los ordenadores.

«La aparición y el uso generalizado en la sociedad actual de nuevos medios tecnológicos introduce otra dimensión en la finalidad utilitaria de las matemáticas escolares. Por una parte, el dominio funcional de estos medios tecnológicos precisa una preparación matemática cuyas bases han de ponerse en la Educación Primaria y Secundaria. Por otra parte, su introducción en la escuela ha de tener repercusiones no sólo en cuanto a la manera de enseñar las matemáticas, sino también en cuanto a la propia selección de los contenidos» (DCB. Educación Primaria, 1989, p. 383).

Se precisan aquí las dos utilizaciones clásicas de la informática. La primera, para garantizar las bases de una preparación tecnológica que se prolongará en la Educación Secundaria; la informática aparece en esta utilización como el objetivo de la enseñanza. La segunda, se refiere a la informática como medio didáctico que transformará tanto la metodología de la enseñanza (no se especifican estos cambios) como la selección de los contenidos. Este segundo aspecto es tratado con más detalle:

«Conceptos estadísticos sencillos y de uso frecuente, que han estado tradicionalmente relegados en las propuestas curriculares por los problemas de cálculo que conllevan, pueden ahora introducirse sin mayores problemas utilizando de forma apropiada las calculadoras y los ordenadores. Lo mismo puede decirse, por ejemplo, respecto a simulaciones, algoritmos iterativos de cálculo numérico o representaciones gráficas complejas. A la inversa, algunos contenidos prioritarios del contenido actual —como la automatización de los algoritmos operativos con números de muchas cifras, listas de operaciones muy largas, etc.— adquieren una importancia menor, ya que pueden efectuarse fácilmente con la ayuda de la calculadora o del ordenador» (Ibidem, p. 383).

Se sugiere finalmente el uso de «software» educativo por sus ventajas de interactividad y versatilidad (Ibidem, p. 383), pero se precisa más adelante que «el ordenador no debe sustituir a la experiencia real del alumno ni debe utilizarse en actividades aisladas mecánicas y repetitivas.

La novedad interesante que aparece en las recomendaciones del uso de los ordenadores en esta Área es la que implica un cambio de prioridades en la selección de contenidos. Como ya lo hemos apuntado en el capítulo 1, una de las ventajas de los ordenadores es que pueden asumir, en tareas determinadas, una parte del trabajo cognitivo requerido normalmente por el alumno para resolver dicha tarea (por ejemplo en el cálculo de números con muchas cifras, algoritmos iterativos o representaciones gráficas complejas). Esto permite abordar ciertos contenidos que, sin ordenador, permanecen muy complejos de tratar.

Por lo que se refiere al empleo de «software educativos» a pesar de la recomendación de que el ordenador no debe sustituir a la experiencia real del alumno (¿no es real el trabajo con ordenador?) ni debe utilizarse en actividades aisladas mecánicas y repetitivas, resulta peligroso proponer el empleo de «software» educativo interactivo y versátil sin ninguna otra especificación si consideramos la variedad de «software» (los más numerosos en el mercado actual son los EAO de ejercitación y práctica que son los menos versátiles) y la dificultad de obtener programas realmente interactivos.

5.1.3. Educación Secundaria (12-16 años)

En la parte introductoria a esta etapa aparecen algunas referencias al uso de la informática que no aportan precisión o novedad alguna en relación a las consideraciones de la etapa precedente. Se indica, por ejemplo, que el objetivo de esta etapa es la «preparación de los adolescentes para ser en el futuro ciudadanos de una sociedad plural, democrática tecnológicamente avanzada (DCB. Educación Secundaria Obligatoria I, 1989, p. 71); más adelante se señala la conveniencia de incrementar la presencia de contenidos diferente (lenguas extranjeras, consumo y publicidad, protección del medio ambiente, etc.) entre los que destacan las nuevas tecnologías (Ibidem, p. 76); en los objetivos generales de la etapa, aunque no se citen explícitamente las nuevas tecnologías, se evoca la utilización de forma autónoma y crítica de las principales fuentes de información y se indica la importancia de las aplicaciones del desarrollo científico y tecnológico (Ibidem, pp. 78-79).

Cuando pasamos a las diferentes áreas curriculares (1. Ciencias de la Naturaleza, 2. Educación Física, 3. Expresión visual y plástica, 4. Geografía, Historia y Ciencias Sociales, 5. Lengua y Literatura, 6. Lenguas extranjeras, 7. Matemáticas, 8. Música, 9. Tecnología y Religión), encontramos referencias sobre el uso de ordenadores en cada una de ellas salvo en Educación Física y en Religión.

En el Área 1, *Ciencias de la Naturaleza*, aparecen, aunque de manera algo tímida, referencias a la informática como objeto de estudio y de información (el control informático es considerado como una de las cuestiones básicas de nuestra época— DCB. Educación Secundaria Obligatoria II, 1989, p. 120) y como medio didáctico (a través de la utilización de «software» educativo— Ibidem, p. 161— y como herramienta para el procesamiento de datos y para representaciones gráficas —Ibidem, p. 182). No se hace mención de una de las técnicas informáticas que más se utilizan en la enseñanza científica y que per-

mite la participación activa de los alumnos, la simulación de fenómenos físicos y biológicos.

En el Área 3, *Expresión Visual y Plástica*, se hace una referencia muy general al conocimiento de los lenguajes de «otras tecnologías» (además del lenguaje del Cómic, Fotografía, Cine, Televisión, Publicidad) para la lectura de imágenes (Ibidem, p. 250) y se evoca el interés de la utilización del ordenador en el campo del dibujo y del diseño (Ibidem, p. 251) y de las nuevas tecnologías como uno de los recursos materiales básicos de esta área (Ibidem, p. 271). La generalidad de estas consideraciones no permite contrastar las características del lenguaje informático (dinamismo, interactividad, formalismo, etc.) con la de otros lenguajes de representación como el Cine, la Televisión o el Grafismo, análisis necesario para un empleo pertinente y crítico de la informática en la educación Visual y Plástica.

En el Área 4, *Geografía, Historia y Ciencias Sociales*, las referencias al uso de los ordenadores son más numerosas y explícitas que en las áreas precedentes. Por un lado, en el apartado introductorio, aparecen las recomendaciones relacionadas con el uso y tratamiento de la información de manera crítica a través de las nuevas tecnologías (Ibidem, p. 279-280); en los bloques de contenido aparecen de nuevo varias referencias a las bases de datos como una de las fuentes del tratamiento de la información (Ibidem, p. 296, 321) y se señala también el interés por estudiar «Los medios de comunicación y las nuevas tecnologías de la información en las sociedades democráticas y su papel en la creación y canalización de las opiniones colectivas» (Ibidem, p. 323).

Por otro lado, se hacen referencias bastante detalladas y de interés en relación al uso de la informática como instrumento de enseñanza-aprendizaje. En el apartado de recursos y materiales didácticos se especifica:

«El tratamiento de informaciones múltiples y variadas (numéricas, documentales, etc.) es una de las características de las disciplinas del área. Para ello, el ordenador ofrece una ayuda inestimable, pues permite consultar con rapidez muchos datos, procesarlos con agilidad, realizar cálculos estadístico-matemáticos más o menos complejos, elaborar gráficos, mapas e imágenes, etc. Permite, así mismo, desarrollar ciertas capacidades lógicas propias de la creación de bases de datos. Por otra parte, y en un grado más elevado de dificultad, el ordenador ofrece la posibilidad de comprobar de manera inmediata la validez de las hipótesis que los alumnos pueden plantear ante determinados problemas, controlando sucesivamente diferentes variables. Es importante subrayar la importancia que tiene para el alumno esta inmediatez en la validación de las hipótesis que permite el ordenador.

Junto a estas aplicaciones didácticas, existe otro campo, aún hoy poco desarrollado, que se orienta hacia la producción de programas de simulación, resolución de problemas, toma de decisiones, etc. Estos programas son de gran ayuda para ejercitar el análisis multicausal: delimitar con rapidez los factores que intervienen, discernir las posibles alternativas o soluciones y, sobre todo, evaluar las consecuencias que se derivarían de la adopción de una u otra alternativa. Esta última característica es particularmente valiosa para habituar al alumno a sopesar adecuadamente las implicaciones que pueden derivarse de las acciones y decisiones humanas» (Ibidem, 1989, p. 339).

En estas recomendaciones se justifica la utilidad del medio informático para el tratamiento de informaciones (por su agilidad, rapidez, posibilidad de cálculo, manejo de representaciones simbólicas diferentes). Se sugiere también que el ordenador es un instrumento que facilita una actividad de selección y validación de hipótesis y de evaluación multicausal de los fenómenos sociales cuando se utilizan programas adecuados de simulación o de resolución de problemas.

Las Áreas 5, *Lengua y Literatura*, y 6, *Lenguas extranjeras*, no contienen referencias que aporten alguna novedad si las comparamos a aquellas que hemos analizado en la etapa de Educación Primaria. Se propone la utilización de las nuevas tecnologías porque ofrecen nuevas posibilidades para la producción y manipulación de textos (DCB, Educación Secundaria Obligatoria II, 1989, p. 389 y p. 466) y se especifican luego algunas de estas posibilidades (permite la consulta rápida de multitud de datos, procesarlos con agilidad, elaborar gráficos, ordenar los materiales de diferentes maneras, corregir textos, ampliarlos, reducirlos, mutilarlos, transformarlos) (Ibidem, 1989, p. 405). Merece especial atención la referencia al aspecto motivador e interactivo de las nuevas tecnologías (Ibidem, 1989 pp. 404-405) y al mismo tiempo al peligro que representa el hecho de utilizar las nuevas tecnologías sin una reflexión educativa :

«A veces, se supone que la mera utilización de medios audiovisuales o informáticos asegura un aprendizaje eficaz y moderno. Esto no resulta así cuando sólo se introduce una nueva tecnología en una vieja propuesta educativa. La más revolucionaria tecnología no garantiza por sí misma una renovación pedagógica ni disciplinar» (Ibidem, 1989, p. 423).

Como ya lo hemos defendido en capítulos precedentes, nos parece totalmente acertada esta disociación entre el empleo de un medio didáctico y las condiciones que acompañan su utilización. La cuestión que permanece sin embargo abierta en estas propuestas curriculares es la de saber cómo articular las potencialidades del ordenador con el diseño de una situación de enseñanza-aprendizaje que aproveche estas

potencialidades considerando al alumno como protagonista principal en la construcción de sus conocimientos.

En el Área 7, de *Matemáticas*, se recogen de nuevo las orientaciones señaladas en el nivel de Educación Primaria. Se hace hincapié tanto a las repercusiones que su uso tendrá en cuanto a la manera de enseñar matemáticas como a las que tendrá en la selección de nuevos contenidos (Ibidem, p. 485). En los bloques de contenido aparece el uso del ordenador como instrumento de cálculo (Ibidem, p. 504) y como fuente de informaciones estadísticas (base de datos) (Ibidem, p. 513).

El apartado dedicado a las orientaciones didácticas y para la evaluación encontramos un punto entero dedicado a los ordenadores (Ibidem, p. 531). Se citan tres características de los ordenadores interesantes desde el punto de vista didáctico: el ordenador proporciona una forma cómoda de gestionar y representar la información, ofrece la posibilidad de ejecutar órdenes de muy distinto tipo con gran rapidez y es capaz de interaccionar con el usuario. Se argumenta también que el progreso realizado en la elaboración de «software» educativos hace que el medio informático sea cada vez de acceso más fácil y que su introducción en las aulas dependerá básicamente de su interés para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje y no de las dificultades del medio. Se cita más adelante la conveniencia de poseer un aula de ordenadores con una instalación adecuada y segura (Ibidem, p. 534).

Se evocan, más adelante, algunas utilizaciones más específicas del ordenador: hojas de cálculo para manejar cualquier cantidad de números, organizarlos en tablas, diagramas o tablas; programas que en forma de juegos o ejercicios permiten desarrollar destrezas de cálculo mental (p. 540); tratamiento gráfico para el trabajo geométrico (p. 545); programas de ordenador para el tratamiento de funciones (p. 546), para el tratamiento estadístico (p. 547) y para la obtención de números aleatorios (p. 548).

A pesar de algunas especificaciones en nuevos contenidos que no aparecían antes, las recomendaciones para el uso de la informática en el nivel secundario son muy similares a las que aparecen en el nivel primario: preparación de los alumnos para la utilización de medios tecnológicos en la experiencia más avanzada de las matemáticas (en este caso la informática es un objeto de estudio), y nuevo medio didáctico que implica una reorganización de los contenidos curriculares. Como antes, se sugiere la utilización de programas que aparentemente son de índole muy diversa: programas comerciales sin ninguna intención didáctica (hojas de cálculo, base de datos, programas estadísticos, programas gráficos), EAO de ejercitación y práctica (por

ejemplo para adquirir destrezas de cálculo mental), EAO de simulación, para el tratamiento de funciones, para explorar la geometría dinámica. Como ya lo hemos sugerido antes, algunos de estos programas aunque de fácil acceso para el alumno y de fácil preparación para el profesor (están concebidos para ser utilizados directamente pues contienen sus objetivos didácticos) pueden resultar excesivamente cerrados y permitir un margen muy reducido de actividad por parte del alumno; otros, al contrario, son programas tan abiertos (hojas de cálculo, base de datos, programas estadísticos) que necesitan ser trabajados previamente por los enseñantes para que puedan dar origen a tareas significativas. Señalemos también la opción implícita que se hace en la introducción de los ordenadores en la escuela: se habla de aula de ordenadores y no de la presencia de ordenadores en las aulas. Como veremos más adelante, es muy diferente introducir los ordenadores en un aula de informática que integrarlos en las diferentes aulas. En el primer caso, se plantean inevitablemente dificultades de acceso por parte de los alumnos y de los profesores de las diferentes áreas. No se dan pues unas buenas condiciones para que se utilice el ordenador como instrumento didáctico dentro de cada área.

En el Área 8, *Música*, se evocan experiencias actuales sobre el sonido y la composición musical que utilizan las nuevas tecnologías y se sugiere el interés por éstas cuando se aborda el bloque temático de «música y medios de comunicación» (Ibidem, p. 551). En las orientaciones didácticas y de evaluación se recomienda el uso del ordenador para la producción elemental de música (Ibidem, p. 595).

De nuevo, aunque de manera muy escueta, vemos aparecer los dos tipos de recomendaciones principales: el conocimiento de las nuevas tecnologías en cuanto que están relacionadas con algún tema del área y el uso de las nuevas tecnologías como instrumento de aprendizaje.

En la última Área, *Tecnología* (9), aparecen, no es de extrañar, numerosas referencias a la utilización de los ordenadores.

La primera consideración que se expone es paralela a la que hemos constatado en el caso de las matemáticas cuando se exponían las consecuencias del uso de las nuevas tecnologías en la selección de los contenidos curriculares: como las nuevas tecnologías han facilitado enormemente los procesos de creación, fabricación y de control que requerían antaño muchos años de aprendizaje, resulta innecesario en la actualidad la especialización precoz en técnicas y habilidades con el objetivo de facilitar la inserción de los alumnos a unos determinados puestos de trabajo (Ibidem, p. 603). Se descarta sin embargo la conveniencia de substituir la enseñanza de técnicas y habilidades concre-

tas más o menos artesanales por la enseñanza de las nuevas tecnologías apelando a tres argumentos:

«En primer lugar, el permanente cambio a que están sometidas estas tecnologías hace que no sea más conveniente la especialización precoz en éste que en otros ámbitos tecnológicos. En segundo lugar, la complejidad y coste de los materiales y objetos que deberían manipularse obligaría al profesor a asumir el control de la actividad tecnológica, con lo que difícilmente se conseguiría el desarrollo y la adquisición de habilidades generales. Por último, las técnicas básicas de fabricación, los operadores tecnológicos elementales y la función que realizan suelen ser también, en el caso de las Nuevas Tecnologías, difíciles de percibir y de aprehender de una forma inmediata, con lo que correríamos el riesgo de convertir la enseñanza de la Tecnología en algo hermético y discursivo, muy alejado de la integración del trabajo intelectual y manual que sugiere el enfoque adoptado» (Ibidem, p. 603).

En los grandes bloques de contenido se citan los ordenadores como objeto de estudio en tanto que operadores tecnológicos fundamentales (Ibidem, p. 622); en el bloque denominado «Tecnología, ciencia y sociedad» se apunta también el interés por abordar las características de la última etapa de desarrollo tecnológico (influencia de los adelantos en microelectrónica e informática sobre la producción de bienes y servicio, comunicación, información, empleos, etc. y el estudio de las nuevas tecnologías en el campo de los materiales, tratamiento de la información, alimentación, medicina) (Ibidem, p. 626).

Al exponer la selección de los problemas a tratar en las «orientaciones didácticas y para la evaluación», se cita un contenido de interés ligado a las nuevas tecnologías: automática, robótica y control (Ibidem, p. 633).

Hasta aquí las referencias se aplican fundamentalmente al estudio de las nuevas tecnologías (la informática como objeto de estudio). Encontramos una recomendación que hace referencia al ordenador utilizado como instrumento diáctico en el apartado dedicado a las orientaciones específicas (punto relativo al espacio físico y a los medios). Se indica la utilidad del ordenador como sustituto de la máquina de escribir y como complemento de los instrumentos convencionales de dibujo; se señala también su utilidad en actividades didácticas relacionadas con la robótica y el control (Ibidem, p. 650). Pero la presencia del ordenador en el aula-taller debe ir acompañada de algunas precauciones:

«El aprendizaje de las técnicas relacionadas con los medios informáticos requiere una importante cantidad de tiempo que se amortiza cuando, posteriormente, se hace un uso frecuente de ellas. En este

sentido, entre las múltiples formas de uso del ordenador es difícil hacer una elección por la cual se pueda asegurar que será rentable para una parte importante de los alumnos de esta etapa de la enseñanza obligatoria. Pero además, existe el riesgo de que, por atender al aprendizaje de las técnicas de uso de los medios informáticos, deje de prestarse la atención debida al desarrollo de las capacidades intelectuales que, cuando ya tienen un cierto nivel de desarrollo, se potencian con el uso del ordenador» (Ibidem, p. 650).

Este último punto nos parece poco clarificador y en parte contradictorio con otras argumentaciones efectuadas con anterioridad. Se defiende aquí que el uso de los medios informáticos es costoso (requiere una importante cantidad de tiempo) cuando hemos encontrado anteriormente múltiples referencias a la facilidad actual con que se pueden usar los ordenadores en tareas muy diversas. Si por «técnicas de uso de los medios informáticos» se entiende el aprendizaje y el uso de lenguajes de programación, es cierto que dicho aprendizaje es largo y laborioso. Pero también es cierto que sus ventajas pueden ser numerosas en el último ciclo de la Educación Secundaria entre las que destacan: mejor conocimiento del funcionamiento de los ordenadores, elaboración de algoritmos, creación de programas para resolver problemas prácticos. En este sentido, si se quiere potenciar el desarrollo de las capacidades intelectuales generales con el uso del ordenador se ha de garantizar (como lo demuestran la mayoría de estudios que hemos comentado en el capítulo 2) que el nivel de competencia en la programación sea elevado (lo que puede parecer costoso) o que se diseñen situaciones de aprendizaje en las que estas capacidades generales sean objetivos curriculares explícitos.

5. 2. Dimensiones de análisis en la utilización educativa de los ordenadores

Como acabamos de ver, las recomendaciones del Ministerio de Educación y Ciencia sobre informática educativa son variadas y se sitúan a diferentes niveles. El mérito de estas propuestas curriculares sobre la informática (como las que se hacen sobre otros contenidos y materiales didácticos) es que tienen su justificación dentro de un marco teórico claro que define los principios básicos de actuación (Coll, 1991). Pero estos principios básicos que delimitan las líneas directrices generales pueden conducir a propuestas concretas muy diferentes tornándose entonces difícil la justificación de cada una de ellas. En efecto, la informática es considerada a veces como objeto de estudio, a veces como instrumento didáctico para el maestro, a veces como material de apoyo para el alumno; a veces es propuesta co-

mo medio para afianzar destrezas sencillas o para transmitir conocimientos, a veces aparece como un medio de exploración y de afianzamiento de capacidades cognitivas generales, otras veces como un instrumento crítico de análisis. Algunas de estas recomendaciones vienen justificadas por criterios explícitos que muestran la necesidad de utilizar las nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Otras veces, las propuestas se hacen sin justificación alguna y pueden aparecer como contradictorias en relación con propuestas precedentes. Ya hemos señalado algunas de estas dificultades a lo largo de nuestro análisis. De manera general, como las referencias a la informática se hacen al interior de cada etapa y de cada área curricular y como falta muchas veces el contexto teórico que justifique por qué se propone a veces un cierto uso de la informática (pongamos, por ejemplo, la utilización de EAOs) y a veces otro (pongamos, por ejemplo, la creación de entornos informáticos de resolución de problemas), nos parece necesaria una explicitación de las dimensiones pertinentes que guían las diferentes maneras de aplicar la informática en un contexto escolar.

En los capítulos 3 y 4 hemos iniciado un análisis desde la psicología del aprendizaje, análisis que nos ha permitido mostrar las grandes líneas directrices que guían las diferentes maneras de utilizar la informática en la escuela. Con tal de clarificar estas diferentes opciones desde un punto de vista más práctico, vamos a distinguir aquí las dimensiones esenciales inherentes a cualquier programa de utilización educativa de la informática. Estas dimensiones están presentes, aunque de manera implícita, en las propuestas curriculares que acabamos de analizar. Esperamos que el hecho de sistematizarlas contribuya a entender con más claridad estas propuestas y contribuya también a comparar los diferentes proyectos relativos a la utilización de la informática en la escuela (Ver Anexo).

5.2.1. *La función educativa de la informática al interior del currículum*

La utilización de la informática en la escuela puede perseguir diferentes objetivos educativos. La mayoría de autores que abordan estos objetivos están de acuerdo para distinguir dos grandes opciones: la informática como fin y la informática como medio (Gros, 1987; Taylor, 1980). Dentro de la segunda opción se pueden distinguir a su vez dos posibilidades según que el medio sea utilizado por el profesor o por el alumno. En este último caso se puede distinguir a su vez una gradación que va desde un aprendizaje centrado en el ordenador (se aprende *del* ordenador mediante la utilización de programas didácticos previamente diseñados con objetivos bien precisos) hasta un aprendizaje en el que el ordenador es tan sólo una herramienta para

determinadas tareas escolares (escribir, calcular, buscar información) pasando por situaciones en las que el ordenador ofrece un medio de exploración (por ejemplo a través de la programación o de la resolución de problemas al interior de Micromundos informáticos) que potencian el aprendizaje de contenidos o procedimientos curriculares. En estos dos últimos casos se aprende *con* el ordenador (y no del ordenador). Este último aspecto (la variedad de materiales que puede utilizar el alumno) será tratado con más detalle en el apartado 5.2.3.

El Cuadro I recoge estas diferentes opciones.

Cuadro I

Las funciones educativas del ordenador

COMO FIN.....(alfabetización informática)

para el profesor

COMO MEDIO.....

para el alumno

aprender del ordenador

aprender con el ordenador

(a) *La informática como fin*

La primera gran opción (informática como fin) persigue un objetivo bien claro: ofrecer a los alumnos conocimientos y destrezas básicas sobre la informática para que adquieran las bases de una educación tecnológica que les podrá servir para su adaptación en una sociedad en la que las nuevas tecnologías tienen cada día un papel más relevante. Una de las maneras de conseguir este objetivo es ofrecer a los alumnos una serie de contenidos curriculares relativos a las nuevas tecnologías (estudio de la estructura, funcionamiento y lenguajes de los ordenadores, de sus diferentes aplicaciones, de las repercusiones sociales y económicas del uso de los ordenadores, etc.). Estos contenidos no constituyen una preparación técnica especializada; son considerados más bien como una manera de sensibilizar a los alumnos sobre las nuevas tecnologías. La segunda manera de aportar a los alumnos las bases de una alfabetización informática consiste en que aprendan algún lenguaje de programación (BASIC, LOGO, PASCAL, etc.). Dos razones diferentes pueden apoyar esta opción. La primera es la convicción de que el aprendizaje de un lenguaje de programación es un elemen-

to esencial en la formación técnica del alumno, formación que le puede ser útil para su futura inserción en unos determinados puestos de trabajo. La segunda se basa en la suposición de que el aprendizaje de un lenguaje de programación, al ser una actividad compleja, exigente y rigurosa, facilita la adquisición de ciertas habilidades generales ligadas a la resolución de problemas como la verificación de hipótesis, la planificación o la toma de conciencia. En este sentido, la programación sería el latín del siglo XX: el aprendizaje de un lenguaje de programación tendría, al igual que había tenido el aprendizaje del latín, innegables cualidades formativas. Al analizar los estudios sobre la repercusión de las actividades con ordenador sobre los procesos psicológicos (capítulo 2) y la propuesta de Papert relativa a la programación con LOGO (capítulo 4) ya hemos tenido la ocasión de señalar las dificultades de un objetivo tan ambicioso. No se puede descartar la hipótesis de que la programación sea beneficiosa y formativa para los alumnos; pero se han de cumplir ciertos requisitos (entre los que destacan el papel activo del profesor que ha de explicitar los objetivos curriculares precisos de las actividades de programación y guiar los proyectos de los alumnos y la exigencia de un nivel elevado de competencia en la programación para que se puedan esperar resultados relevantes) que hacen que el aprendizaje de un lenguaje de programación sea un objetivo demasiado costoso en relación con los beneficios educativos que se pueden esperar de él. Esto no impide en absoluto diseñar situaciones de aprendizaje que requieran ciertas destrezas de programación (pensamos, por ejemplo, en algunos Micromundos LOGO que definen tareas precisas y guiadas en las que los alumnos pueden ejercer algunas actividades de programación) y que persigan al mismo tiempo objetivos curriculares más precisos. Señalemos también el interés que puede tener la iniciación a la programación como una de las maneras de abordar los ordenadores como objetos de conocimiento (diferentes partes y funciones del ordenador, «hardware», «software», periféricos, etc.) y ofrecer de esta manera a los alumnos la posibilidad de ser más críticos frente a programas previamente elaborados (Virale, 1990b).

En cuanto al primer objetivo (enseñar la programación para que los alumnos estén mejor adaptados a las exigencias del mundo del trabajo) resulta francamente dudoso pensar que una adquisición tan técnica y especializada como es el aprendizaje de un determinado lenguaje de programación pueda constituir una buena preparación para el mundo profesional si pensamos en la variedad de las especializaciones profesionales (cada una de ellas exigiría habilidades diferentes) y en la rapidez con que cambian estas nuevas tecnologías y sus aplicaciones.

El hecho de considerar la informática como fin (independientemente de que se ofrezcan contenidos curriculares variados sobre las nuevas tecnologías o que se enseñe un lenguaje de programación) exige que se concreten las maneras de integrar esta alfabetización informática en el currículum. Pueden aparecer entonces varias opciones.

- (a) Crear una nueva área en el currículum, la informática
- (b) Introducir los contenidos curriculares relativos a la informática en las áreas que parecen más próximas (matemáticas o tecnología)
- (c) Introducir contenidos curriculares en cada área

Como acabamos de ver al analizar las propuestas de los Diseños Curriculares Base, cuando la Ley de la Reforma Educativa propone abordar algunos contenidos curriculares relativos a la informática, opta claramente por la tercera opción. El hecho de introducir los contenidos curriculares ligados a la informática de manera transversal, al interior de cada área, nos parece en efecto una solución más enriquecedora que las dos primeras. Por un lado, permite que el alumno aborde de forma concreta los diferentes aspectos curriculares de la informática en el contexto significativo de cada área; puede apreciar así la manera cómo la informática se ha ido incorporando en todas las prácticas de la sociedad. Esto le permite también relacionar las informaciones que va aprendiendo sobre la informática (en sus aspectos sociales, económicos, tecnológicos) con la utilidad de este medio en las diferentes áreas. Por otro lado, una aparición de los contenidos de la informática en cada área exige que cada profesor adquiera también una cultura informática, requisito indispensable para pueda utilizar la informática como instrumento didáctico en su área. Al contrario, las dos primeras soluciones aíslan la informática del resto de los conocimientos de los alumnos y hacen mucho más difícil que la informática pueda, al mismo tiempo, ser utilizada como medio didáctico.

La solución adoptada por los Diseños Curriculares nos parece pues la más adecuada. Sin embargo, plantea serios problemas de aplicación que no son abordados con claridad. Esta solución supone, por un lado, que los profesores tengan los conocimientos y destrezas suficientes en el ámbito de la informática para poder, en los momentos que consideren pertinentes, abordar la enseñanza de los contenidos curriculares sobre las nuevas tecnologías. Esto exige una buena formación de los profesores en el ámbito de las nuevas tecnologías. Por otro lado, supone que los alumnos y el profesor de cada área puedan acceder con facilidad a los ordenadores para poder así experimentar y basar el aprendizaje en situaciones prácticas. La situación ideal, aunque hoy en día aún bastante cos-

tosa, es que los ordenadores formen parte del material presente en cada aula (como los libros, la pizarra, los lápices o el papel), lo que permite también su acceso cuando se utilizan como medios didácticos. Los ordenadores se pueden integrar así en las aulas. La otra opción, más sencilla, menos costosa, pero mucho más incompleta desde el punto de vista didáctico consiste en constituir una aula de ordenadores. Esta opción, sugerida en los Diseños Curriculares, hace difícil un acceso fluido y frecuente a los ordenadores desde las necesidades de cada área.

(b) *La informática como medio*

La segunda alternativa (que es totalmente compatible con la primera) es utilizar la informática como medio didáctico. La mayoría de recomendaciones efectuadas en los Diseños Curriculares se refieren a esta segunda alternativa. Esta segunda alternativa nos parece también la más importante pues significa sacar todo el provecho de las potencialidades de este medio simbólico que se puede convertir así en un instrumento de aprendizaje (o de enseñanza, si nos situamos desde el punto de vista del profesor) y en una ayuda del pensamiento.

Desde el punto de vista del profesor, las nuevas tecnologías constituyen, en efecto, un instrumento con dos tipos de utilidad. Por un lado, le ayudan en sus tareas administrativas, en la preparación de sus clases o en la evaluación. En este sentido, el maestro es un usuario más que puede sacar partido de la informática. Por otro lado, la informática puede ser un instrumento que ayuda más directamente al profesor en sus tareas de enseñanza, al igual que el material audiovisual, las transparencias o la pizarra. Esto requiere el diseño, la adaptación o la elección de materiales informáticos (simulaciones, base de datos, micromundos, EAOs, tratamiento de textos, hojas de cálculo) adecuados a determinados contenidos curriculares de la materia. Esta utilización presupone un buen conocimiento de las nuevas tecnologías y de sus aplicaciones por parte del profesorado.

Desde el punto de vista del alumno (es el punto de vista complementario al precedente), la informática puede ser un instrumento de aprendizaje. El objetivo ya no es, como en el primer caso, aprender informática, sino que es aprender matemáticas, lengua, ciencias, etc. utilizando material informático. Resulta útil distinguir dos tipos de aprendizaje cuando se utiliza el ordenador como instrumento: aprender del ordenador y aprender con el ordenador. Aunque estas dos opciones son más bien dos casos ideales pues, como veremos más adelante, existen numerosos tipos de «software» que se sitúan entre estos dos extremos, se suele atri-

buir la primera (aprender del ordenador) a aquellas situaciones en las que el material informático es cerrado, ha sido diseñado prealablemente y persigue unos objetivos didácticos bien precisos; y la segunda a situaciones en las que el objetivo didáctico no está contenido en el «software» y éste cumple funciones de mediación de los procesos de aprendizaje.

Como apuntábamos más arriba, este tipo de situación en la que el profesor y el enseñante utilizan materiales informáticos como instrumentos didácticos en los procesos de enseñanza-aprendizaje de cada área, supone una gran accesibilidad a los ordenadores y una total integración de las nuevas tecnologías en cada área, lo que nos parece difícil de conseguir con la creación de una aula de ordenadores independiente de las demás aulas.

5.2.2. La formación de profesores

Uno de los puntos fundamentales en cualquier proyecto que contemple la introducción de la informática en la escuela es la sensibilización e iniciación de los profesores a la informática. Esta formación cobra toda su relevancia cuando se concibe una introducción de la informática por áreas (como contenido curricular y como medio didáctico) pues cada profesor debe integrarla en los procesos de enseñanza-aprendizaje cuando lo crea pertinente. Esto requiere un buen conocimiento de las nuevas tecnologías y de sus potencialidades como instrumento didáctico.

Conseguir esta formación es uno de los retos principales de cualquier proyecto de introducción de la informática en el contexto escolar teniendo en cuenta que la mayoría de profesores del nivel primario y secundario no se han beneficiado de una enseñanza de las nuevas tecnologías en sus años de formación. En este sentido, todos los esfuerzos de formación continua que se creen en las escuelas para garantizar el conocimiento de las nuevas tecnologías por parte del profesorado nos parecen esenciales. La Ley de Reforma Educativa contempla precisamente un programa de formación permanente para profesores.

En el volumen dedicado al «Plan de investigación y de Formación del profesorado» (1989) aparece un «Programa de actualización permanente en el uso educativo de las Nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación» destinado a todos los profesores y profesoras de enseñanza no universitaria pertenecientes al territorio directamente gestionado por el Ministerio de Educación y Ciencia. Dicho programa se desarrolla a través de actividades planificadas y desarrolladas en los Centros de Profesores y aprovecha la infraestructura potenciada por los proyectos experimentales desarrollados desde

el año 1985 por el Ministerio de Educación y Ciencia para la utilización de la informática (Proyecto Atenea) y de los medios audiovisuales (Proyecto Mercurio) (Ver Anexo).

Uno de sus objetivos generales es «conseguir ciudadanos que utilicen las nuevas tecnologías, siendo conocedores de sus implicaciones sociales, culturales y de sus posibilidades, limitaciones y aplicaciones» (Ibidem, p. 393). De manera más concreta se persigue, entre otros, los siguientes objetivos:

- «Contribuir a la actualización del Sistema Educativo (...) que una sociedad, fuertemente influida por las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación demanda.»
- «Facilitar a los profesores la adquisición de bases teóricas y destrezas operativas que les permitan integrar, en su práctica docente, los medios didácticos en general y los basados en nuevas tecnologías en particular, seleccionando los más adecuados a su entorno y tarea específica.»
- «Adquirir una visión global sobre la integración de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación en el currículum, analizando las modificaciones que sufren sus diferentes elementos: contenidos, metodología, evaluación, etc.»
- «Capacitar a los profesores para reflexionar sobre su propia práctica, evaluando el papel y la contribución de estos medios al proceso de enseñanza-aprendizaje» (Ibidem, pp. 395-396).

El programa se estructura en tres fases. Las dos primeras son comunes a todos los profesores y se trata de que los profesores obtengan una visión general de las repercusiones de las nuevas tecnologías en la educación y de las posibilidades que ofrecen como medios didácticos (primera fase) y de que adquieran las destrezas necesarias para manejar las distintas herramientas informáticas en aplicaciones didácticas (segunda fase). Los contenidos de informática contemplados en esta segunda fase son: Tratamiento de Textos y Enseñanza, Bases de datos y Enseñanza, Hoja de cálculo y Enseñanza. LOGO: metodología y recursos educativos. Diseño gráfico asistido por ordenador. Programas de control. Telemática y enseñanza.

La tercera fase se articula en torno a grupos de formación por áreas, materias o ciclos; se profundiza así en las posibilidades de las distintas herramientas en cada área (Lengua, Matemáticas, Ciencias Sociales, Ciencias Naturales, Diseño). Se contemplan una serie de contenidos por cada área que corresponden a estas distintas herramientas. Citemos, a modo de ejemplo, los contenidos del área de Lengua y de Matemáticas.

- Lengua: Los tratamientos de textos, las bases de datos docu-

mentales, el periódico escolar, la mensajería electrónica, los programas de aplicación (entornos lingüísticos, historias ramificadas, programas de EAO, etc.).

- Matemáticas: Resolución de problemas con ordenador (algorítmica, lenguaje LOGO), hoja de cálculo, paquetes estadísticos, entornos de aprendizaje basados en Micromundos, cajas de herramientas específicas, programas EAO, simulaciones, etc. (Ibidem, pp. 396-399).

Se sugiere también la constitución de grupos de formación para la Educación Especial (Ibidem, p. 399).

En coherencia con las propuestas y recomendaciones de los Diseños Curriculares Base, este programa de formación recoge las dos estrategias educativas generales, esta vez aplicadas a los profesores: considerar la informática como objeto de aprendizaje (primera y segunda fase) y considerarla como medio de aprendizaje (tercera fase).

La existencia de este programa muestra hasta qué punto es imprescindible un trabajo de formación y reflexión de los profesores en torno a las nuevas tecnologías para garantizar su buen aprovechamiento en un contexto escolar. Las nuevas tecnologías constituyen un material didáctico nuevo cuyas modalidades de utilización están aún por crear; y salvo los EAO, este material no contiene objetivos didácticos explicitados de antemano. Por estas razones, el diseño de situaciones de enseñanza-aprendizaje que utilizan la informática ha de ser, aún más que el diseño de las otras situaciones de aprendizaje, el resultado de una labor de equipo entre enseñantes y otros profesionales, algunos de ellos expertos en las nuevas tecnologías. Uno de los requisitos del éxito de esta labor de equipo es una sensibilización e iniciación a las posibilidades de la informática por parte de los profesores de las diferentes áreas curriculares.

5.2.3. *La diversidad de «software» educativos*

Cada una de las teorías del aprendizaje que hemos analizado en los capítulos 3 y 4 conduce a un tipo de utilización del ordenador que se concretiza a su vez por la utilización de cierto tipo de «software». Hemos visto que los autores próximos a la tradición conductista proponen unos programas (los llamados EAO de ejercitación y práctica) destinados a transmitir una serie de conocimientos y a automatizar determinadas destrezas. Por su parte, los autores afines a la tradición del procesamiento de la información proponen unos «software» también con objetivos curriculares determinados, pero que a diferencia de los EAO clásicos ofrecen una posibilidad de interacción con el ordenador más rica y variada: el alumno puede elegir entre varias opciones y el programa puede, de manera puntual, guiar al alumno y

corregir algunos de sus errores (tutorizarlo). Hemos visto que a estos programas tutoriales se les denomina genéricamente con el término de IEAO (sistemas inteligentes de enseñanza asistida por ordenador). Desde el punto de vista del enseñante ambos tipos de «software» son totalmente cerrados; sus objetivos curriculares están definidos de antemano por el diseñador. Desde el punto de vista del alumno, el control sobre la actividad lo lleva prioritariamente el ordenador. La propuesta de Papert a través de sus Micromundos LOGO contrasta con las dos precedentes: los objetivos curriculares son muy generales y se enfatiza la actividad estructurante del alumno (a través de la actividad de programación) ofreciéndole un medio de exploración para sus proyectos personales. Nuestra propuesta, finalmente, no desemboca en un tipo de «software» determinado, pero señala los principios generales en la creación de un nuevo «software» o en la utilización de «software» ya existentes: papel activo y estructurante del alumno, guía del profesor e intercambio con los otros alumnos, objetivos instruccionales ligados a aspectos curriculares de las materias escolares. Nuestra propuesta, al igual que los EAO, contempla la necesidad de definir objetivos instruccionales, pero a diferencia de estos programas deja un mayor margen de intervención tanto a la actividad estructurante del alumno como a la del enseñante; y al igual que los Micromundos LOGO propuestos por Papert, el énfasis está puesto en la actividad del alumno y en la elaboración de proyectos personales, pero a diferencia de estos «software», el papel de guía por parte del enseñante está más valorizado y los objetivos curriculares son más precisos.

Sin embargo, estas cuatro maneras de entender el aprendizaje y los «software» que mejor pueden vehicularlas no nos ofrecen una visión completa de la variedad de programas disponibles para un uso educativo. Acabamos de ver que los Diseños Curriculares proponen, en cada área curricular, una gran variedad de materiales informáticos. Si pensamos en los «software» de simulación, en los programas genéricos comerciales (procesamiento de textos, hojas de cálculo, base de datos, gráficos), en los lenguajes de programación o en algunos «software» educativos abiertos, nos damos cuenta de que la tipología debe ser ampliada y explicitada y que no es suficiente partir de las 4 opciones teóricas que acabamos de mencionar. Basándonos en otras tipologías ya existentes cuyo objetivo es ordenar la gran variedad de «software» utilizables en educación (King, 1990; Sewell, 1990; Taylor, 1980), vamos a proponer una clasificación que se fundamenta en algunas de las dimensiones teóricas que hemos señalado al analizar los Diseños Curriculares. Estas dimensiones, aunque estén expresadas de forma dicotómica, aceptan grados intermedios.

1. Intervención del profesor: abiertos/cerrados

Según que los programas estén diseñados de tal modo que permitan o no permitan la modificación del contenido educativo por parte del enseñante, podemos distinguir los programas abiertos y cerrados. Los primeros son aquellos cuyos objetivos curriculares no están incluidos en el programa; son programas muy amplios que permiten una utilización variada según los objetivos que se propone el profesor. Entre ellos destacan los programas genéricos comerciales (procesamiento de texto, hojas de cálculo, base de datos, programas gráficos), los lenguajes de programación (por ejemplo el lenguaje BASIC, LOGO, PASCAL), los lenguajes de autor (como el PILOT) y los llamados programas abiertos educativos. Estos últimos son programas que, como los comerciales, proponen un armazón sobre el cual el enseñante añade o selecciona el contenido que le interesa trabajar con los estudiantes. Al igual que los lenguajes de autor, este tipo de programas permite la creación, por parte del profesor, de numerosas situaciones de aprendizaje (ejercicios de prelectura, clasificación de animales, búsqueda de informaciones geográficas e históricas, ejercicios para el aprendizaje de idiomas, etc.) (para más detalles sobre estos programas ver Delval, 1986; King, 1990; Martin, 1986). Lo que caracteriza pues a todos estos «software» es que ofrecen posibilidades educativas que han de ser diseñadas por los enseñantes. Los objetivos pueden entonces variar mucho de una situación a otra y según el enseñante. Se puede, por ejemplo, utilizar un procesamiento de texto para que los alumnos lo utilicen para sus redacciones (lo que supone un aprendizaje de su uso que puede resultar costoso) o se pueden seleccionar tan sólo algunas instrucciones de base (cortar, copiar, borrar) y proponerlas en una tarea más precisa (resumir un texto ya escrito); se puede igualmente proponer el lenguaje LOGO para que los alumnos aprendan su manejo y lo utilicen para sus proyectos personales, o se puede seleccionar un Micromundo LOGO con unas pocas instrucciones de base y unos objetivos mucho más precisos por el profesor (por ejemplo, dejar introducir a los alumnos ciertas variaciones en los parámetros de programas gráficos ya realizados para apreciar el efecto producido por estas variaciones, o introducir las instrucciones básicas para que los alumnos puedan reproducir una figura geométrica compleja — por ejemplo un tablero de ajedrez— que puede ser realizada de muchas maneras).

Junto a estos «software» abiertos (desde el punto de vista del profesor), están los programas cerrados. Son aquellos cuyos objetivos instruccionales están determinados en el momento de su creación y que por esto no permiten intervención alguna por parte del

enseñante. Los objetivos instruccionales de este último coinciden en este caso con los objetivos curriculares del programa. Los «software» que mejor ilustran esta categoría son los EAO de ejercitación y práctica, los IEAO y los programas de simulación. Como ya hemos analizado con detenimiento las características de los dos primeros en el capítulo 3, vamos a señalar algunas de las características de los programas de simulación. Son programas que se utilizan para modelizar (crear modelos de funcionamiento) de diferentes situaciones o fenómenos: fenómenos físicos (el movimiento de objetos según ciertos principios de dinámica, controlar el movimiento de un coche, de un avión, de una pelota), fenómenos biológicos (la evolución de una población según ciertos parámetros de crecimiento, muerte y predación), fenómenos químicos (el resultado de combinar ciertas sustancias), situaciones sociales (evolución de la economía de un país, administración de un negocio) (Delval, 1986, Laborda, 1986). Los juegos informáticos son situaciones muy próximas a los programas de simulación pues consisten básicamente en la representación (la mayoría de veces espacial, con efectos auditivos) de un entorno en el que el usuario puede intervenir para modificar ciertos parámetros. En la utilización didáctica de los programas de simulación, el alumno puede también intervenir en mayor o menor grado, según los casos.

2. Margen de iniciativa del alumno: exploratorios/guidados

La segunda dimensión de análisis es la que nos indica precisamente el margen de iniciativa que tiene el alumno en sus interacciones con el ordenador. Esta dimensión aparece muchas veces ligada a la anterior, pero no de manera rígida. Los programas abiertos son los que en general permiten una mayor variedad de actividades por parte del alumno (pensemos, por ejemplo, en los lenguajes de programación o en los «software» comerciales que son la base sobre la que el alumno puede escoger los objetivos y los proyectos que él desea); lo que puede ocurrir es que estos programas pueden ser utilizados por los profesores para crear situaciones más particulares (Micromundos) que recogen una parte de las posibilidades de los programas originales y que giran en torno a objetivos más precisos. Obtenemos entonces toda una gama de situaciones que van de aquellas que son muy abiertas (para el alumno) y que le permiten definir sus proyectos y establecer sus propias metas a otras que dejan un margen de intervención mucho menor. El enseñante puede, por ejemplo, utilizar el lenguaje LOGO definiendo un conjunto muy limitado de instrucciones y proponer a los alumnos un objetivo totalmente definido como puede ser el dibujo de un rectángulo. En este caso, el lenguaje

LOGO no se utiliza como medio de expresión o de exploración a través de proyectos personales de los alumnos, sino que se emplea como base para la definición de objetivos muy precisos definidos por el enseñante. Del mismo modo, un procesador de texto puede ser utilizado como instrumento para tareas diversas, algunas de ellas definidas y precisadas totalmente por el enseñante (por ejemplo la tarea que consiste en escoger una palabra determinada para que aparezca la imagen que ilustra su significado), otras mucho más abiertas (utilizar el procesador de texto para redactar una carta) y que por esto permiten un protagonismo mayor por parte del alumno. A pesar de estas adaptaciones que el enseñante hace según determinados objetivos didácticos, en general, los programas abiertos (lenguajes de programación, «software» comerciales, programas educativos abiertos) son los que permiten crear situaciones de aprendizaje en las que el alumno tiene un mayor protagonismo.

Si consideramos ahora los programas cerrados (EAO, IEAO y programas de simulación), nos damos cuenta de que son programas que al haber sido diseñados con una intención educativa particular, ofrecen en general menos posibilidades al alumno de seleccionar la información o de elaborar sus propios proyectos. Pero existen sin embargo diferencias entre estos programas cerrados. Recordemos que una de las características que diferencia los EAO de ejercitación y práctica de los IEAO es que los segundos permiten al alumno una mayor variedad de actuaciones que los primeros (el alumno puede escoger el tipo de ejercicios que desea, puede modificar algunos parámetros de la situación, puede pedir diferentes tipos de ayuda). En cuanto a los programas de simulación, existe una gran diversidad que va desde aquellos programas que son demostraciones de algún fenómeno en los cuales el alumno no puede intervenir, a otros programas en los que la simulación depende de la selección de datos y de las operaciones que elige el alumno para su funcionamiento. Aunque en estos programas el objetivo educativo está definido y aunque el enseñante no pueda modificarlos, es posible que el alumno tenga unas posibilidades de actuación reales y que su actividad no venga determinada exclusivamente por la lógica interna del programa.

3. Función educativa: herramienta general/herramienta específica

Señalemos por fin una dimensión que completa las dos precedentes aunque se sitúe a un nivel más general. Es la que sirve para diferenciar aquellos programas que se utilizan como herramientas para determinadas tareas escolares, pero en cuya concepción no existe ninguna intención educativa precisa de los que constituyen

medios para conseguir determinados objetivos didácticos. Los más claros ejemplos del primer tipo de «software» están constituidos por los programas comerciales como las bases de datos, los procesadores de texto, las hojas de cálculo o los programas de gráficos. Estos programas pueden ser en efecto herramientas valiosas para determinadas tareas escolares (redactar, corregir un texto, obtener los diferentes valores de una función, diseñar un modelo que permita controlar los gastos y los ahorros de una empresa, consultar informaciones históricas, elaborar diagramas estadísticos, dibujar planos, etc.). En estos casos, los programas constituyen instrumentos que favorecen la realización de tareas muy diversas.

En el otro extremo tenemos los programas, como los EAO, los IEAO, los programas de simulación y algunos micromundos que han sido diseñados con una intención educativa precisa. Esta intención educativa puede ser muy específica (automatizar el algoritmo de la suma en columna) o más general (adquirir la capacidad de planificación, explorar algunos principios de la dinámica de Newton), pero ella es siempre la que rige la utilización del programa. En este caso los programas son un medio directo para el aprendizaje y constituyen tareas con fines educativos.

Entre ambos extremos tenemos los lenguajes de programación que sirven muchas veces como material de base para tareas de programación (se enseña a los alumnos a programar con BASIC, LOGO o PASCAL) con la idea de que mediante dichas tareas se pueden conseguir determinados objetivos didácticos: sensibilización con el mundo y el funcionamiento de los ordenadores, preparación técnica en el campo de la informática, adquisición de ciertas capacidades cognitivas como la planificación, el razonamiento hipotético-deductivo, la corrección de errores o la toma de conciencia. La mayoría de estos lenguajes (a excepción de LOGO) no han sido diseñados con una intención educativa. Se asemejan en este respecto a los «software» genéricos comerciales. Pero, por otro lado, estos lenguajes de programación pueden ser objeto directo de aprendizaje (como los EAO, los IEAO o los programas de simulación) pues se supone que a través de la programación se pueden conseguir ciertos objetivos educativos.

Resumamos estas consideraciones en el cuadro siguiente.

Cuadro II

Clasificación de los software según tres dimensiones

1. Posibilidad de intervención del enseñante (cerrados/abiertos)
2. Margen de iniciativa del alumno (exploratorios/guidados)
3. Función educativa (herramienta general/herramienta específica)

Abiertos

Lenguajes de programación
 Programas genéricos
 — procesador de texto
 — hoja de cálculo
 — base de datos
 — diseño gráfico
 Programas educativos abiertos
 Micromundos

Cerrados

EAO
 IEAO
 Simulación

Exploratorios

Lenguajes de programación
 Programas genéricos
 — procesador de texto
 — hoja de cálculo
 — base de datos
 — diseño gráfico
 IEAO
 Simulación
 Micromundos

Guiados

EAO

Herramienta general

Programas genéricos
 — procesador de texto
 — hoja de cálculo
 — base de datos
 — diseño gráfico
 Lenguajes de programación
 Micromundos

Específica

EAO
 IEAO
 Simulación

Tal y como lo hemos indicado en las páginas anteriores esta clasificación es orientativa y no debe tomarse como algo rígido pues las dimensiones admiten muchas veces posiciones intermedias, sobre todo en relación a la dimensión que concierne la actividad del alumno. Algunos «software» que potencialmente pueden dar cabida a una intervención muy activa y variada del alumno pueden ser utilizados en

clase de manera totalmente limitada. Señalemos también que esta clasificación es descriptiva y no pretende oponer los «buenos» y los «malos» programas. La elección de un «software» que resulte adecuado para determinados aprendizajes escolares depende de muchos factores. Ya hemos indicado que puede ser útil a cierto momento utilizar un EAO, si el objetivo es consolidar ciertos conocimientos o procedimientos del alumno que se integran en un proceso de aprendizaje más amplio. De manera general, y como hemos defendido en las páginas precedentes, el «software» que a priori nos parece más adecuado es aquel cuyo diseño no está totalmente cerrado para el enseñante (el enseñante es pues parte activa en su elaboración), pero al mismo tiempo que posee unos objetivos curriculares bien definidos; y es aquel que, dentro de los límites permitidos para conseguir estos objetivos, permite una iniciativa variada por parte del alumno (el alumno se sitúa más bien en el polo «exploratorio»), pero guiada sin embargo por el enseñante. Un buen ejemplo de «software» que logran cumplir estas condiciones son los que hemos denominados «Micromundos»: son situaciones que se basan en un lenguaje de programación existente (como LOGO) o en algún programa genérico (procesador de texto, hoja de cálculo, gráficos, base de datos) para crear una situación adecuada de aprendizaje diseñada en torno a determinadas tareas de resolución de problemas que dejan una parte importante de iniciativa al alumno, pero que al mismo tiempo están diseñadas para conseguir ciertos objetivos curriculares precisos. En este sentido, el Micromundo de la Tortuga, como ya lo hemos indicado al analizar la propuesta de Papert, nos parece una situación excesivamente amplia y compleja para el alumno, sin objetivos curriculares determinados y sin la definición de tareas adecuadas para conseguir estos objetivos. A partir de este Micromundo se pueden diseñar sin embargo otros Micromundos más limitados que planteen a los alumnos situaciones de resolución de problemas que les permitan trabajar algunos temas precisos del currículum. En los capítulos siguientes se analizan algunos ejemplos de estos Micromundos.

CAPÍTULO 6

INFORMÁTICA Y APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS

Las matemáticas constituyen —junto al lenguaje— uno de los medios simbólicos que mayor importancia tienen en el currículum escolar. Cualquier alumno, en cualquier etapa de su escolaridad obligatoria, debe poseer unos conocimientos matemáticos suficientes sin los cuales su rendimiento escolar queda en entredicho. Se alaban, entre otras cualidades, el rigor, la coherencia interna, la universalidad del lenguaje, y la capacidad de deducción y de cálculo de las matemáticas, haciendo de la experiencia matemática una experiencia única para la formación intelectual y para la preparación técnica de los alumnos. Por esto, muchos autores consideran que las matemáticas constituyen el filtro selectivo principal de la mayoría de sistemas educativos (Davis & Hersh, 1988, 1989). Esta importancia concedida a la competencia matemática contrasta con el escaso rendimiento medio de los escolares, observado en numerosos estudios. En uno de estos estudios se constata que de 100 alumnos españoles de 13 años sólo 43 alcanzan un nivel mínimo de conocimientos matemáticos que les permite comprender los aspectos matemáticos básicos de su entorno (Lapointe, Mead & Phillips, 1989). El análisis de estas dificultades es complejo pues intervienen factores de muy distinta índole. Aunque la separación entre los aspectos cognitivos y afectivos es difícil de establecer, pues ambos forman parte integrante de todo acto de conducta, es corriente y útil distinguir un conjunto de dificultades de tipo cognitivo y un conjunto de dificultades de tipo afectivo. De las primeras destacan, entre otras: manejo inadecuado de la atención

y de la memoria, empleo de estrategias inadecuadas, dificultad de manejar un código abstracto y analítico, dificultades de traducción de un código simbólico a otro, empleo de conocimientos matemáticos informales que pueden entrar en contradicción con los conceptos matemáticos formalizados, etc. Otros factores, en cambio, pueden ser analizados como parte integrante de la esfera afectiva: falta de motivación para resolver problemas que suelen estar alejados de la preocupación directa de los alumnos, poca confianza y conflictos (inseguridad, miedos) en la utilización de los conocimientos matemáticos que el alumno posee, bloqueos de la actividad cognitiva originados por una atribución definitiva del alumno ante sus dificultades matemáticas («no soy bueno en matemáticas»), etc. (Rivière, 1990b).

Ante estas dificultades de los alumnos en su aprendizaje y experiencia de las matemáticas han surgido numerosas propuestas de orden psico-educativo que indican cómo se podría mejorar el aprendizaje de las matemáticas (Baroody, 1988; Biggs, 1985; Rivière, 1990b). Entre estas propuestas y, sin querer ser en absoluto exhaustivos, destacan: dar oportunidades para que los niños experimenten las matemáticas en acción, estimular la interacción conjunta y la reflexión entre alumnos con dificultades y alumnos que poseen más facilidad, favorecer la comprensión por parte de los alumnos del porqué de su experiencia matemática (mediante proyectos en los que sus conocimientos matemáticos son necesarios para alcanzar ciertos objetivos), fomentar un aprendizaje basado en la resolución de problemas, proporcionar una experiencia múltiple (empleando materiales y formas de representación diversos). Estos objetivos seguramente pueden alcanzarse en situaciones didácticas de muy diversa índole. Nos centraremos aquí en aquellas que utilizan la informática para el aprendizaje de las matemáticas recordando una vez más que la utilización educativa de los ordenadores no debe de excluir otras situaciones didácticas que no utilizan el medio informático.

6.1. Experiencia matemática y ordenadores

El contenido curricular que más ha potenciado el uso del ordenador es precisamente el de las matemáticas (Hoyle y Noss, 1989; Martí, 1991a, Papert, 1983; Pea, 1987; Solomon, 1987). Las razones parecen bastante evidentes. Matemáticas y lenguaje informático son dos sistemas simbólicos con muchos puntos en común. Ambos utilizan conceptos con un elevado grado de abstracción simbolizados muchas veces con una notación propia y alejada del lenguaje natural y ambos están basados en reglas rigurosas de deducción y cálculo. Son sistemas pues que exigen al alumno:

— rigor (no caben las soluciones aproximativas cuando se utilizan

- instrucciones del ordenador o cuando se combinan estas instrucciones bajo determinadas reglas),
- abstracción (la mayoría de las instrucciones utilizadas para manejar los ordenadores son generales y el alumno ha de saber aplicarlas a situaciones diferentes, y
- uso de una notación específica (muchas de las instrucciones que permiten la manipulación de los ordenadores constituyen un nuevo código con sus términos y reglas específicos).

Parece pues bastante apropiado utilizar ordenadores para aprender matemáticas. Pero ya hemos visto que una de las características de los ordenadores es su multifuncionalidad y la diversidad de adaptaciones (Micromundos) que pueden crearse a partir de los lenguajes informáticos. El hecho de que el alumno utilice ordenadores no significa pues que automáticamente esté haciendo matemáticas (puede trabajar contenidos gráficos o lingüísticos por ejemplo). Lo que sí permanece cierto es que el aprendizaje de las matemáticas se presta más que ningún otro aprendizaje a ser mediatizado por el medio informático. ¿Qué aportan entonces de innovador los ordenadores en el aprendizaje de las matemáticas?

La respuesta exige que analicemos de qué manera las potencialidades del medio informático repercuten en la experiencia matemática.

- (a) Situación de resolución de problemas: interactividad y motivación intrínseca

Hemos visto que uno de los objetivos que persiguen los autores cuando proponen nuevas situaciones didácticas que intentan paliar las dificultades encontradas por los alumnos en su experiencia matemática es de encontrar situaciones en las que el alumno tenga la suficiente iniciativa para aprender matemáticas «en acción» y que las situaciones sean diseñadas de tal manera que el alumno tenga que utilizar conocimientos y conceptos matemáticos para alcanzar fines claramente definidos. Al ser un medio dinámico cuyas informaciones son susceptibles de ser modificadas por las acciones del alumno (normalmente a través del teclado, del «ratón» o del lápiz óptico), el medio informático facilita la interacción entre la actividad del alumno y la materia que está aprendiendo: cualquier acción debidamente ejecutada por el alumno (escoger un icono tocándolo con el dedo, escribir un símbolo, combinar símbolos, trasladar una parte del texto escrito, desplazar el «ratón», etc.) produce una modificación de las informaciones directamente perceptible (aparecen nuevos datos, aparece el resultado de un cálculo, se inscribe un gráfico, una parte de la información es trasladada en otro lugar de la pantalla, etc.). Esta posibilidad de modificar las informaciones que aparecen en la pantalla

facilita una interacción constante entre las acciones del alumno y los resultados de estas acciones: el alumno puede comparar sus previsiones (según el objetivo que quiere alcanzar) con los resultados obtenidos, puede modificar, si lo desea, sus acciones para obtener nuevas informaciones, puede ejecutar manipulaciones nuevas sin tener una idea muy clara de lo que obtendrá, etc. Si no actúa, no hay respuesta; cada vez que actúa recibe una información nueva que puede comparar a su previsión. En este sentido, el medio informático favorece un aprendizaje activo controlado por el propio alumno. Al mismo tiempo, esta facilidad de intervención y de control de las informaciones que van apareciendo en la pantalla permite plantear con facilidad situaciones de resolución de problemas: se plantea un objetivo (resolver una ecuación, dibujar una figura geométrica determinada mediante traslaciones y rotaciones, escribir una ecuación cuya representación gráfica coincida con un dibujo presentado en la pantalla, etc.), se dan los elementos de base para su resolución y el alumno intenta alcanzar este objetivo controlando el efecto de sus decisiones. Esto puede tener consecuencias muy positivas para el aprendizaje de las matemáticas: permite plantear problemas con un objetivo bien claro sancionado por el mismo ordenador, objetivo que sólo se puede alcanzar si el alumno usa de manera adecuada ciertas reglas o conceptos matemáticos. Facilita pues las situaciones en las que el alumno tiene que «hacer matemáticas» para alcanzar determinados objetivos. Si además se consigue que estos objetivos sean planteados por el mismo alumno en forma de proyectos o que sean atractivos y tengan un significado para el alumno (que de esta manera los hace suyos), el aprendizaje será motivante de manera intrínseca. Esto es una cualidad valiosa en el aprendizaje de las matemáticas, aprendizaje que en general es poco significativo para los alumnos por su alto grado de abstracción y formalización.

(b) Comunicación entre alumnos, y entre alumnos y profesores

Ya vimos que otra de las potencialidades de los ordenadores, a primera vista sorprendente, es que puede facilitar el trabajo en grupo al ofrecer dispositivos visibles (como la pantalla) que pueden ser compartidos y manipulados de manera conjunta por dos o tres alumnos. Cada alumno sigue los pasos intermedios que van apareciendo en la pantalla en el proceso de resolución de cualquier problema, lo que le permite comunicar sus sorpresas, dudas y propuestas de intervención al compañero que está realizando la misma tarea con el mismo ordenador. Esta posibilidad de comunicar e intercambiar reacciones y propuestas entre alumnos puede favorecer el aprendizaje matemático evitando bloqueos y errores siste-

máticos frecuentes en alumnos que trabajan solos. Por las mismas razones (por basarse en dispositivos visibles, que dejan las etapas intermedias de la resolución de un problema y que son fácilmente compartidos), los ordenadores pueden facilitar también el intercambio entre profesor y alumnos; por ejemplo en la identificación y corrección de errores.

(c) Manipulación de signos

La utilización del ordenador supone el manejo de una notación simbólica. Cuando el alumno programa necesita aprender el significado de una serie de símbolos (que constituyen las instrucciones básicas del lenguaje de programación) y necesita también aprender las reglas que rigen su combinación adecuada (su sintaxis). El hecho de programar utilizando un lenguaje informático (LOGO, PASCAL, BASIC, etc.) supone pues el aprendizaje de un sistema formal, al igual que aprender matemáticas exige la utilización de un código particular (operadores, términos numéricos, reglas de la aritmética, símbolos y reglas algebraicos, etc.). Cuando el alumno utiliza algún programa ya elaborado también se le exige, por simple que sea su utilización, que maneje con precisión ciertas reglas de funcionamiento (escribir o escoger el signo adecuado para que surja el efecto deseado, escoger un icono para responder a una pregunta formulada en la pantalla, identificar la tecla que permite que el ordenador ejecute la operación escogida, etc.). Un error en la utilización de un signo o un error en el orden de secuenciación de dos acciones se traduce por la ausencia de efectos (el ordenador no hace nada o hace algo que no estaba previsto). Hasta en los casos simples de utilización de programas ya elaborados, la interacción con el ordenador supone que se escriban o escojan con precisión los símbolos adecuados y que se secuencien las acciones de manera correcta para producir el efecto perseguido. En los primeros pasos de utilización de los ordenadores es frecuente observar la sorpresa de los alumnos cuando se dan cuenta de que un pequeño cambio en la escritura o elección de un símbolo o un pequeño cambio en la combinación de símbolos produce efectos inesperados en la pantalla.

Estas características propias de la interacción con los ordenadores se acomodan bien a las necesidades propias de la notación matemática (rigor y precisión en la elección de signos y en su secuenciación): ni los ordenadores ni las matemáticas aceptan aproximaciones. Por ejemplo, en el lenguaje LOGO escribir ADELANTE 50 es correcto, comprensible por el ordenador y produce un cierto efecto; escribir ADELANTE50 es incorrecto, no produce efecto gráfico alguno y aparece en la pantalla un mensaje que

indica al alumno que ha cometido un cierto tipo de error. Por ejemplo, si el alumno participa en un juego en el que ha de indicar el número fraccionario correspondiente a un punto exacto que se sitúa en una línea continua entre 1 y 2, habrá de pensar y escoger (o escribir) el número exacto en cuestión pues en caso contrario el ordenador le indicará su error. Además de esta exigencia de precisión, lo que aporta de nuevo la utilización del medio informático en relación con cualquier otro medio es que las acciones del alumno son evaluadas por el ordenador. Aparece un resultado en la pantalla que permite al alumno saber si sus acciones han sido las adecuadas.

(d) Correspondencia entre diferentes sistemas simbólicos

Esta exigencia de rigor en la manipulación de signos que encontramos en la utilización de las matemáticas y que se adecúa con el rigor de la utilización de los ordenadores viene acompañada por otro requisito cuando se aprenden matemáticas: la traducción entre códigos matemáticos y códigos no matemáticos (gestuales, icónicos y lingüísticos principalmente). El alumno ha de pasar constantemente de un código al otro; se le pide que entienda que el signo «+» simboliza la acción de añadir, o que pase del enunciado escrito u oral de un problema a una formulación algebraica, o que comprenda la relación entre la definición analítica de la elipse y las características de la gráfica de la elipse, o que sepa pasar de la fórmula matemática de una función a su representación gráfica. Estos son tan sólo algunos de los múltiples ejemplos que muestran que si un alumno quiere tener una buena experiencia matemática deberá dominar la traducción de un código a otro.

Existe otra razón que nos indica la importancia del paso de un código a otro en la experiencia matemática. Se refiere a la naturalidad con que los alumnos abordan espontáneamente una tarea matemática utilizando esquemas familiares de tipo práctico, figurativo o lingüístico, esquemas que dominan mejor, pero que a veces resultan inadecuados para asimilar la nueva información matemática. Pensemos por ejemplo en las dificultades ligadas al orden de escritura de la numeración decimal que tiene significados muy precisos (la última cifra es la de las unidades, la penúltima de las decenas, etc.); esto supone que las operaciones de resta, suma y multiplicación han de ser efectuadas debutando por la última cifra, orden que puede entrar en contradicción con el orden habitual de escritura y de lectura que el alumno suele dominar con más soltura cuando empieza el aprendizaje de las matemáticas. Pensemos también en la dificultad que pueden tener muchos alumnos por comprender el valor del «0» en la notación matemá-

tica y en las operaciones, un cero que suele asociarse intuitivamente a la ausencia, o a un resultado nulo (no hacer nada, no obtener nada) y que en el mundo matemático puede jugar un papel crucial y diverso según las operaciones (siempre y cuando no esté a la izquierda, como recoge el dicho popular). Así, 0,07 y 0,007 son dos números bien diferentes aunque sólo un cero los separa; restar algo de cero puede conducir a una perplejidad tan grande como dividir o multiplicar cero por algo; sumar o restar un cero no altera el punto de partida mientras que multiplicar, dividir o elevar a la potencia por cero lo altera profundamente. Estos son algunos ejemplos de las dificultades de la asimilación abusiva de algunas propiedades matemáticas a conocimientos y esquemas familiares que el niño simboliza mediante otros códigos. Nos muestran la importancia del trabajo de traducción e integración entre diferentes códigos simbólicos.

Los ordenadores ofrecen un medio apropiado para que el alumno explore y trabaje algunos de los aspectos de esta traducción de códigos pues son capaces de presentar simultáneamente diferentes códigos simbólicos y facilitan también el paso de uno a otro de manera dinámica. Los ordenadores, en efecto, facilitan la manipulación de signos lingüísticos (escritos principalmente, pero también auditivos) e icónicos, y facilitan también la correspondencia entre ambos al presentar simultáneamente o en un lapso de tiempo muy corto ambas representaciones. El alumno puede pasar así con facilidad de un tipo de notación (por ejemplo matemática) a otro tipo de notación (por ejemplo lingüística o icónica) comparando y explorando las propiedades de ambos medios y estableciendo las correspondencias. Pensemos, por ejemplo, en la facilidad con que se puede pasar, mediante el ordenador, de una función algebraica escrita con signos matemáticos a su representación gráfica, de una manipulación de signos matemáticos que simbolizan operaciones (suma, resta, división) al resultado en imágenes concretas y dinámicas de esta manipulación, o de una representación de acciones diversas (avanzar, girar, retroceder) a una representación gráfica.

(e) Aspectos declarativos, aspectos procedimentales

Una de las características de cualquier tipo de conocimiento, pero sobre todo del conocimiento matemático es la constante interacción entre los aspectos declarativos o conceptuales del conocimiento (saber que un cuadrado es una figura cerrada, con cuatro lados iguales, con ángulos interiores de 90° , etc.; saber que la multiplicación 12×4 consiste en repetir cuatro veces el conjunto de 12 elementos —o repetir 12 veces el conjunto de 4 elemen-

tos— o saber que una igualdad $a = b$ no se altera si se resta o se suma la misma cantidad en ambos miembros de la igualdad) y los conocimientos de tipo procedimental (saber cómo dibujar un cuadrado, saber cómo obtener el resultado de una multiplicación, saber cómo pasar elementos de una igualdad $a = b$ de un lado a otro de la igualdad, etc). Los conocimientos declarativos son pues un conjunto de significados relacionados y organizados. Los segundos son un conjunto de reglas de acción (procedimientos) cuya aplicación conduce a un cierto resultado. Ambos aspectos son siempre solidarios pues aplicar de manera adecuada una regla exige poseer conocimientos pertinentes de la situación en la que se ha de aplicar, y conocer ciertas propiedades del entorno exige haber podido actuar de manera activa sobre él. Lo que ocurre es que la articulación entre ambos es muchas veces difícil de entender y el alumno puede tener dificultades en hacerlo en su práctica matemática. Por ejemplo, el alumno tiene muchas veces una serie de conocimientos matemáticos, pero le es difícil aplicar la regla que le permita resolver un problema (por ejemplo sabe lo que es la suma y la multiplicación, pero le es difícil escoger cuál de los dos algoritmos es pertinente para resolver un problema algebraico, o sabe lo que es un cuadrado, pero puede tener dificultades a la hora de dibujarlo en situaciones particulares —por ejemplo, en los casos en que el cuadrado reposa sobre uno de sus vértices—); otras veces aprende reglas, pero le es difícil aplicarlas de manera pertinente a nuevos casos (por ejemplo conoce y sabe aplicar el algoritmo de la resta llevando, pero cuando el número de arriba es menor que el de abajo sigue restando el menor del mayor). En todos estos casos, una de las dificultades reside en articular los conocimientos declarativos con los conocimientos procedimentales. Una de las características de los sujetos expertos en relación con los sujetos novatos es precisamente una buena articulación entre ambos tipos de conocimiento (Chi, Glaser & Farr, 1988).

El medio informático se presta a que el alumno explore la vinculación de ambos tipos de conocimientos por dos razones principales. Una es que puede asumir una parte del trabajo del alumno haciendo de manera rutinaria ciertas operaciones o presentándole ciertas bases de datos en el momento oportuno; lo alivia así de su carga atencional y memorística. La otra razón es que muchas veces le plantea situaciones que suponen traducir de manera procedimental sus conocimientos de tipo declarativo.

Por un lado, existe la posibilidad de que el ordenador se encargue de ejecutar una serie de reglas de manera rutinaria (por ejemplo las que permiten despejar una incógnita de una ecuación de primer grado —sumar un número a ambos lados, restar un núme-

ro a ambos lados, aplicar la propiedad distributiva, etc.—) si el alumno las escoge e indica a qué parte de la expresión las quiere aplicar. En este caso el alumno no ha de buscar en su memoria estas reglas, ni ha de ejecutar los cálculos; sólo ha de escoger cuando ha de aplicarlas y evaluar entonces el resultado de su aplicación. Esto le permite explorar con más facilidad la pertinencia de aplicación de estas reglas según el tipo de expresiones y la etapa de resolución en que se encuentra (Pea, 1985).

Por otro lado, muchas de las utilizaciones de los ordenadores exigen que el alumno defina y articule una serie de procedimientos (conjunto de instrucciones básicas) para llegar a un objetivo determinado. Pensemos, por ejemplo, en la utilización de LOGO en su modalidad «Micromundo de la Tortuga». Cuando el alumno se propone realizar un proyecto gráfico (por ejemplo dibujar una casa) ha de dar una serie de instrucciones (Avanzar de cierta distancia, Girar a la derecha de cierto ángulo, Avanzar de nuevo de cierta distancia, etc.) que ejecuten paso a paso el dibujo de una casa. En este caso, habrá de vincular de una manera u otra los conocimientos de tipo declarativo que tiene sobre la figura que quiere dibujar (las paredes son perpendiculares, el techo está inclinado, la puerta está en medio de la fachada principal, etc.) y la definición algorítmica que le propone el lenguaje de programación.

6.2. Micromundos para el aprendizaje de las matemáticas

Hemos escogido ejemplos de materiales informáticos utilizados para el aprendizaje de las matemáticas que ilustran algún aspecto del análisis que acabamos de presentar. Los tres primeros son «software educativos» diseñados para que puedan utilizarse fácilmente por el profesor y por el alumno; son materiales del tipo EAO. Los tres últimos son Micromundos empleados por maestros, psicólogos, pedagogos o informáticos en alguna experiencia o investigación educativa. De esta forma, junto a la presentación del material propiamente dicho, es también posible exponer algunas de las reacciones de los alumnos que los han utilizado. Estos Micromundos tienen la ventaja de constituir materiales abiertos (desde el punto de vista del profesor y el alumno); dejan un espacio tanto para la iniciativa del profesor que los puede adaptar a las necesidades de su clase como para la iniciativa del alumno. Algunos de estos ejemplos han sido expuestos en otra publicación (Martí, 1991a).

Estos ejemplos son una pequeña muestra de los materiales existentes. El lector interesado en otros materiales didácticos para el aprendizaje de las matemáticas puede consultar algunas referencias

(Abelson y Di Sessa, 1986; Pea, 1987; Roanes y Roanes, 1988; Solomón, 1987).

Ejemplo 1. ¿Qué hora es?

Es una situación presentada por Roanes y Roanes (1988, p.21) destinada a alumnos que no manejan con precisión la lectura de la hora en un reloj. Está destinada a alumnos de los primeros niveles de la Educación Primaria. Se pueden realizar básicamente dos tipos de actividades. En las actividades del primer tipo, el ordenador propone al alumno el dibujo de un reloj indicando una hora; el alumno debe entonces escribir las cifras que corresponden a la hora (un primer número para las horas y un segundo número para los minutos). Después de cada propuesta obtiene un mensaje que le indica si ha acertado o no.

En el segundo tipo de actividades, el ordenador propone dos números que representan una hora determinada, el alumno debe entonces imaginar cómo estarán situadas las agujas del reloj; cuando está listo pide al ordenador que le enseñe el reloj con la situación exacta de las agujas.

Este material es muy sencillo y propone a los alumnos actividades muy guiadas en las que es difícil encontrar espacio para su exploración. La ventaja es que combina con facilidad la correspondencia entre dos tipos de representación: la numérica y la gráfica. Dominar esta correspondencia es en efecto una de las dificultades de la lectura de la hora de un reloj. Esta correspondencia entre la posición de las agujas y la información numérica se puede conseguir también sin ayuda del material informático. Este último aporta sin embargo una mayor libertad de acción (el alumno puede ensayar cuando lo desea) y una evaluación constante de las respuestas del alumno; conseguir esta evaluación sin material informático exigiría la presencia continuada del profesor junto a cada alumno.

Este material facilita por un lado el aprendizaje de la lectura de un reloj, adquisición de cierta importancia en nuestra cultura, y por otro lado permite que el alumno relacione informaciones numéricas (cuando la hora está escrita) e informaciones gráficas (la posición de las agujas del reloj).

El complemento adecuado a este material informático estaría constituido por relojes que el alumno puede manipular (girando las agujas en uno y otro sentido) para darse cuenta de la solidaridad del movimiento de las dos agujas cuando se avanza o se retrocede las horas.

Ejemplo 2. Representación gráfica de ecuaciones

Un programa ideado por Dugdale y Kibbey (1983) permite con facilidad visualizar el resultado gráfico de ecuaciones lineales y de segundo grado. Es un programa adecuado para alumnos de Secundaria que empiecen a abordar la resolución de ecuaciones. Los alumnos escriben ecuaciones y ven al mismo tiempo el resultado gráfico. La tarea se realiza en un contexto de juego: el objetivo es escribir una ecuación (o modificar los parámetros de una ecuación) de tal forma que su representación atraviese una serie de puntos situados en la pantalla. De esta forma el alumno puede ir variando con facilidad los datos de su ecuación y establecer una correspondencia entre estas modificaciones y el resultado gráfico, hecho que puede facilitar una mejor comprensión del significado de las ecuaciones.

Este ejemplo no nos ha de conducir a la idea, errónea y peligrosa, que el medio informático es autosuficiente: cualquier ejercicio que se realice con ordenadores debería ir acompañado simultáneamente de otros ejercicios no-informáticos pertinentes. En el caso que acabamos de discutir, la construcción gráfica por parte del alumno (con papel milimetrado, lápiz, compás y regla) de las ecuaciones escritas podría ser un buen complemento a la modificación de los parámetros de las ecuaciones y a su exploración en la pantalla del ordenador. Ambos ejercicios deberían de todas formas ser integrados (por ejemplo, haciendo dibujar la representación de una ecuación con papel y lápiz y compararlo luego con el dibujo que ofrece el ordenador).

Ejemplo 3. Resolución de ecuaciones algebraicas

«AlgebraLand» constituye un Micromundo informático cuyo objetivo es el de favorecer la experiencia de los alumnos con el álgebra mediante una activa participación en la resolución de problemas algebraicos (Pea, 1985). Es adecuado para los primeros niveles de Secundaria. El punto de partida es una ecuación algebraica que ha de ser resuelta, por ejemplo $4(2 + N) = 20$. A la derecha de la pantalla, aparece una lista de los operadores que el alumno puede escoger para aplicarlos a toda o parte de la expresión (añadir a ambos lados de la ecuación, sustraer a ambos lados de la ecuación, multiplicar, dividir, aplicar la propiedad distributiva, combinar términos, etc.). El alumno debe pues seleccionar el operador y seleccionar dónde lo aplica. Al ejecutarlo, genera una nueva expresión. Al mismo tiempo que va resolviendo la ecuación van apareciendo todas las expresiones intermedias así como los operadores escogidos (Fig. 6.1). Si el alumno explora diferentes procedimientos (porque ha aplicado de manera incorrecta los operadores o porque quiere comparar caminos diver-

sos), la pantalla recoge, en otra ventana, cada uno de ellos y los visualiza en forma de diagrama arborescente.

Fig. 6.1 Un ejemplo de dos resoluciones de una misma ecuación algebraica utilizando el Micromundo «Algebraland»

- | | | |
|-----|-------------------------------------|---------------|
| (0) | $4(2 + N) = 20$ | (PROBLEMA) |
| (1) | $\frac{4(2 + N)}{4} = \frac{20}{4}$ | (DIVIDIR) |
| (2) | $2 + N = 5$ | (SIMPLIFICAR) |
| (3) | $2 + N - 2 = 5 - 2$ | (SUSTRAR) |
| (4) | $N = 3$ | (SIMPLIFICAR) |
| (5) | $N = 3$ | (RESUELTO) |

- | | | |
|-----|-------------------------------|---------------|
| (0) | $4(2 + N) = 20$ | (PROBLEMA) |
| (1) | $8 + 4N = 20$ | (DISTRIBUIR) |
| (2) | $8 + 4N - 8 = 20 - 8$ | (SUSTRAR) |
| (3) | $4N = 12$ | (SIMPLIFICAR) |
| (4) | $\frac{4N}{4} = \frac{12}{4}$ | (DIVIDIR) |
| (5) | $N = 3$ | (SIMPLIFICAR) |
| (6) | $N = 3$ | (RESUELTO) |

Lo interesante de esta situación reside en la posibilidad que tiene el alumno de concentrarse en una de las partes de la tarea (escoger el operador así como su campo de aplicación) sin tener que calcular la aplicación aritmética de dichos operadores (el ordenador calcula) y sin tener que evocar a cada momento el conjunto de operadores posibles (pues los debe tan sólo seleccionar). Esto deja mayor libertad mental para ensayar soluciones y entender su repercusión en la solución de la

ecuación. Esto no significa sin embargo que el trabajo que en este caso realiza el ordenador (cálculo aritmético y listado de los operadores) no tenga que ser trabajado con el alumno en otra ocasión. El programa admite también cierta movilidad para retroceder a un paso anterior, rectificar un operador o visualizar, como ya se ha dicho, las diferentes secuencias ensayadas.

Ejemplo 4. Dibujo de un cuadrado inclinado en el Micromundo de la Tortuga (LOGO)

Se trata de una situación que ilustra las dificultades de un niño de 11 años (Carlos) cuando ha de integrar el conocimiento declarativo con el procedimental, conocimientos relativos a la figura de un cuadrado. La situación está sacada de una investigación exploratoria en la que observamos el proceso de aprendizaje del lenguaje LOGO en tres sujetos de 11-12 años (Dionnet, Martí, Vitale & Wells, 1985; Martí, 1984). Es una situación que podría plantearse a finales del Ciclo Primario y requiere un mínimo conocimiento del lenguaje LOGO.

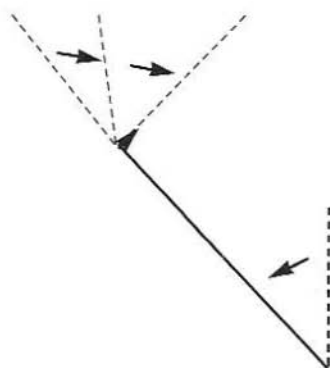
A los 11 años, Carlos conoce sin dificultad las propiedades principales de un cuadrado (lados de igual longitud, paralelos, ángulos de 90°) y tampoco tiene dificultad en reconocer que un cuadrado que reposa sobre uno de sus vértices en vez de reposar sobre uno de sus lados sigue siendo un cuadrado (reconocimiento que plantea dificultades a niños más pequeños como demostraron Piaget, Sinclair & Vinh Bang, 1971, en su estudio sobre la identidad). Pero a la hora de traducir estos conocimientos estáticos, de orden declarativo, en un conocimiento procedimental (dar, en lenguaje LOGO, las instrucciones pertinentes para dibujar un cuadrado inclinado), surgen ciertas dificultades.

Carlos, escribe primero un programa para dibujar un cuadrado. Cuando la Tortuga está en su posición inicial (centro de la pantalla y posición vertical apuntando hacia arriba) el programa (llamado «CUAD») ejecuta un cuadrado. Pero cuando la orientación inicial de la Tortuga es diferente (por ejemplo está inclinada de 30° hacia la izquierda) el programa realiza un cuadrado inclinado (que reposa sobre uno de sus vértices). Carlos está muy sorprendido de que su programa CUAD realice algo tan inesperado. Para entender mejor cómo se dibuja un cuadrado inclinado, intenta escribir paso a paso un nuevo programa.

Fig. 6.2.

Inicio del dibujo de un cuadrado "inclinado"
con las instrucciones correspondientes en lenguaje LOGO

IZQUIERDA 30
ADELANTE 90
DERECHA 30
DERECHA 60



La Tortuga está en su posición inicial vertical. Carlos escribe IZQUIERDA 30 (con el objetivo de inclinar la Tortuga 30° hacia la izquierda, luego ADELANTE 90 (para hacer avanzar la Tortuga de 90 pasos). Después de dibujar el primer lado se para y reflexiona un largo rato pues no sabe cuántos grados ha de girar la Tortuga; hace con el gesto el recorrido que ha de realizar la Tortuga para dibujar el cuadrado y propone girar DERECHA 30 (girar de 30° la Tortuga) justificando su elección aludiendo al giro de 30° izquierda que ha realizado al empezar el dibujo. Se sorprende al ver que tras el giro de 30° derecha, la Tortuga no tiene la buena inclinación (ángulo recto). Se da cuenta que tiene aún que girar más hacia la derecha y propone (correctamente) DERECHA 60 (el ángulo resultante es ahora de 90°). Dibuja el segundo lado del cuadrado, y satisfecho exclama: «Ah, se tenía que hacer un ángulo recto.»

Este ejemplo muestra la dificultad de Carlos para construir paso a paso un cuadrado inclinado, partiendo de una orientación de la Tortuga inusual. Es como si este cambio de orientación de la figura repercutiese sobre las propiedades mismas del cuadrado: es entonces menos evidente que el ángulo tenga que seguir siendo de 90° , inva-

riante que parecía totalmente comprendido en una aproximación declarativa del cuadrado. El ejemplo nos muestra el interés de poder pasar fácilmente de una definición y comprensión declarativa de un concepto a una definición y ejecución procedimental.

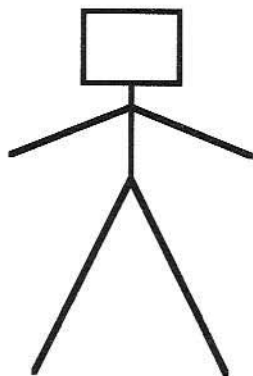
Ejemplo 5. Micromundos LOGO para la exploración del concepto de proporción.

Hoyle, Noss y Sutherland (1989) proponen dos dibujos y sus programas correspondientes realizados en el lenguaje LOGO a alumnos entre 12 y 14 años con el fin de ofrecerles la posibilidad de explorar de manera activa el concepto matemático de proporción. Es una situación que se podría destinar a alumnos de los primeros niveles de Secundaria con ciertos conocimientos del lenguaje LOGO. Un dibujo representa un personaje, el otro una casa; cada dibujo es la realización gráfica de un programa escrito en lenguaje LOGO (LESLIE y HOUSE) (Ver Fig. 6.3.).

Fig. 6.3.

Los 2 dibujos y sus programas correspondientes en lenguaje LOGO

```
TO LESLIE :SIZE  
SHAPE1 :SIZE  
LINE :SIZE * 0.4  
SHAPE2 :SIZE * 1.5  
LINE :SIZE * 0.6  
SHAPE3 :SIZE * 2  
END
```



TO HOUSE

HT

FD 50

RT 60

FD 70

RT 60

FD 70

RT 60

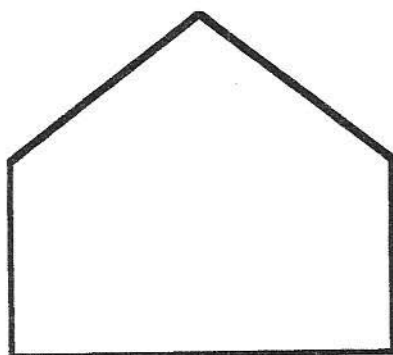
FD 50

RT 90

FD 121

RT 90

END



Los alumnos (que trabajan en grupos de dos ante el ordenador) pueden modificar los parámetros de cada uno de los programas, crear otros programas parecidos y constatar los cambios en la figura. Cada modificación introducida en el programa produce una modificación en la figura, lo que permite una constante rectificación y anticipación de nuevos parámetros según el objetivo perseguido por el alumno (hacer un personaje más grande, más pequeño, hacer una serie de casas cada vez más pequeñas, hacer una casa que sea el doble de otra, etc). El interés matemático de estas manipulaciones e interacciones entre las acciones del alumno (que modifica el programa) y el resultado gráfico que aparece en la pantalla reside en las diferencias de los dibujos obtenidos mediante una estrategia aditiva (se añade o se sustrae una cantidad a la variable de referencia — en el programa LESLI es la variable «SIZE») o una estrategia multiplicativa (se multiplica el valor del parámetro por una cantidad para aumentar o disminuir proporcionalmente el valor de referencia). La primera es inadecuada (los alumnos constatan las insuficiencias en los dibujos cuando la utilizan) para realizar figuras completas y proporcionadas.

Una de las consecuencias de esta constante interacción entre la actividad del alumno y los resultados («feed-back») que va obteniendo en la pantalla es el sentimiento de control que el alumno tiene de su propio aprendizaje (es él quien modifica las informaciones). En este sentido es cierto que el aprendizaje con el medio informático aparece como un aprendizaje más autónomo: el alumno, con ayuda del profesor, diseña un proyecto con un objetivo determinado (en el ejemplo comentado es la obtención de un personaje proporcionado, pero más pequeño o más grande que el personaje modelo). El sentimiento que tiene el alumno de realizar su proyecto suele ir acompañado por un grado mayor de implicación y motivación intrínseca (el proyecto es

en parte suyo y lo puede ir controlando) que en otros aprendizajes con medios menos interactivos (Lepper & Chabay, 1985).

Esta facilidad de interacción entre las actividades del alumno y el medio informático, junto a la fácil visualización de los resultados producidos en la pantalla suelen tener un efecto inesperado en los aprendizajes: favorecen el intercambio y la colaboración entre compañeros (Hawkins, Sheingold, Gearhart & Berger, 1982; Lepper, 1985; Webb, 1984). El trabajo con ordenadores parece pues adecuado para aprendizajes en grupo (la mayoría de las experiencias educativas con ordenadores se realizan en pequeños grupos). Esto podría originar una dinámica social conveniente para la experiencia matemática, experiencia concebida muchas veces como un doloroso itinerario solitario.

Ejemplo 6. Entorno informático para la comprensión de la noción de «variable»

Esta situación de aprendizaje forma parte de un estudio cuyo objetivo es el diseño y la evaluación de una situación de enseñanza-aprendizaje para que los alumnos trabajen el concepto de variable (Sutherland, 1989). Está destinado a alumnos de Secundaria y requiere un buen conocimiento del lenguaje LOGO.

La manera de abordar el estudio de la variable se hace a través de la función matemática. LOGO permite la definición de funciones, definición que se puede comparar a otras representaciones más clásicas de función.

Fig. 6.4.

Función matemática (añadir 4 unidades) definida
en LOGO y definida mediante otras representaciones

Procedimiento definido en LOGO

```
TO ADDFOUR «X  
OUTPUT ADD :X 4  
END
```

El nombre de este programa es ADDFOUR, «X es la variable, OUTPUT es una instrucción que ofrece como salida (output) el resultado del procedimiento, ADD es otra instrucción que hace la suma de los dos siguientes parámetros, o sea que en este caso hace la suma del valor de X y de 4.

Representaciones algebraicas

Se puede también representar esta función mediante la notación clásica

$$F(X) = X + 4 \text{ o bien}$$

$$X \longrightarrow X + 4$$

También se pueden indicar algunos valores de entrada y salida

IN	OUT
3	7
-2	2
1.5	5.5

Tanto en la definición con LOGO como en la definición algebraica, se puede cambiar el nombre de la variable sin que cambie la función (se puede definir la función $F(x) = x - 3$, que es la misma que $F(j) = j - 3$, y lo mismo se puede hacer con LOGO). Este trabajo se basa en la suposición de que el hecho de trabajar de manera paralela con la notación LOGO y con la notación algebraica puede ayudar a los alumnos en su comprensión de la noción de variable.

Las actividades se proponen a 4 parejas de alumnos de edades comprendidas entre 11 y 14 años. Estos alumnos han recibido unas 50 horas de programación con LOGO. Este estudio se inscribe en una experiencia de introducción de la informática en el currículum de las matemáticas en la que los alumnos pueden turnarse en la utilización de dos ordenadores situados en el aula donde se imparten las clases de matemáticas.

El entorno de enseñanza-aprendizaje se compone de dos actividades, una con ordenador y otra con material papel y lápiz.

(a) Actividad con el ordenador

En una primera fase los alumnos han de definir funciones utilizando el trabajo LOGO. El profesor sigue el trabajo de los alumnos sugiriéndoles que empleen diferentes nombres para las variables y para que experimenten la función con toda clase de «inputs» (negativos, decimales, fraccionarios).

En una segunda fase, se pide a uno de los alumnos que forman la pareja que defina una función y que le dé un nombre que no revele su naturaleza (en LOGO es posible inventar cualquier nombre para designar un procedimiento). El objetivo es que el otro alumno introduzca «inputs» para probar la función y que pueda adivinar la función y definir una idéntica en LOGO. Una vez realizada la función, los alumnos han de comprobar que ambas funciones son idénticas aunque los nombres utilizados para los procedimientos y el nombre de las variables no sean iguales.

(b) Actividad con material de papel y lápiz

Un mes después de estas actividades se les propone a los mismos alumnos una serie de hojas de trabajo en las que aparecen diferentes diagramas representando «inputs» y «outputs» de una función, y se les pide que definan la función en LOGO. Otros ejercicios requieren el paso de una definición LOGO a una representación algebraica y viceversa.

Una serie de pruebas en grupo o individuales permite evaluar la comprensión de la variable por parte de los alumnos: aceptación de la idea de variable, comprensión de que se puede utilizar cualquier nombre de variable, comprensión de que un nombre de variable puede representar toda una gama de números, comprensión de que diferentes nombres pueden representar el mismo valor, etc. De manera general, el estudio muestra que dado un cierto nivel de experiencia con la variable en LOGO, los alumnos llegan a ser capaces de adquirir una comprensión suficiente de la variable y utilizan las ideas derivadas de LOGO para resolver problemas de álgebra similares.

Este entorno informático para la enseñanza-aprendizaje de la noción de variable tiene ciertas características que vale la pena señalar. En primer lugar, tanto la elección del contenido curricular (la variable) como el diseño y evaluación del entorno son fruto de una labor de equipo entre los profesores de matemáticas y otros profesionales de la educación. Como ya lo hemos expresado en otros momentos, esta labor de equipo para la creación de una situación de enseñanza-aprendizaje con ordenadores nos parece indispensable.

En segundo lugar, la elección del contenido curricular responde a un interés por trabajar un tema que suele presentar dificultades a los alumnos de estas edades. Las actividades que se proponen a los alumnos parten precisamente de algunas de estas dificultades (por ejemplo el hecho de que se puede utilizar cualquier nombre de variable y de que diferentes nombres de variables pueden representar el mismo valor).

En tercer lugar, se combinan actividades con el ordenador y actividades sin ordenador (con papel y lápiz) para facilitar una correspondencia entre representaciones distintas. El hecho de relacionar distintas representaciones de un mismo problema nos parece en efecto una de las aportaciones esenciales del uso de la informática pues facilita una adquisición más sólida y general de los conceptos matemáticos.

En cuarto lugar, los ordenadores permanecen en el aula donde se imparten las clases de matemáticas, lo que permite un acceso a los ordenadores más fácil que si los ordenadores hubiesen permanecido en una aula separada.

En quinto lugar, las actividades se realizan en grupos de dos, lo que favorece el intercambio y la discusión entre alumnos.

En sexto lugar, se deja un margen de iniciativa bastante grande a los alumnos (son ellos quienes definen sus programas, les dan los nombres que desean, comprueban los valores de la función que quieren), pero siempre dirigida por los objetivos curriculares del profesor.

Por fin, se crean situaciones (como aquellas en las que uno de los alumnos de la pareja debe adivinar la función definida por su compañero) que favorecen el interés y la motivación de los alumnos.

Por estas razones, este tipo de entorno, al igual que el precedente, nos parece muy adecuado para garantizar una utilización fructífera de la informática en el proceso de enseñanza-aprendizaje pues respeta algunas de las condiciones esenciales: elección de un contenido curricular cuyas dificultades de adquisición pueden ser abordadas con el material informático, aprovechamiento de las características del medio informático que puedan modificar el proceso de enseñanza-aprendizaje (interactividad, facilitación del trabajo en colaboración, diseño de tareas motivadoras, correspondencia entre representaciones distintas), integración del ordenador como material didáctico al interior del currículo de las matemáticas, alternancia de las actividades con ordenador y de las actividades sin ordenador, diseño de actividades que dejen al alumno un margen importante de iniciativa bajo la dirección del profesor, definición de unos objetivos curriculares claros y de su evaluación correspondiente.

CAPÍTULO 7

APRENDER A LEER Y A ESCRIBIR CON EL ORDENADOR

El aprendizaje de la lectura y de la escritura constituye una de las tareas básicas de la educación primaria. El dominio de la composición escrita es a su vez uno de los objetivos esenciales de la educación secundaria. Esta importancia concedida al lenguaje escrito en la escolarización viene determinada por su importancia como instrumento de aprendizaje (1). La mayoría de los aprendizajes que realiza el alumno exigen el manejo y el dominio del lenguaje escrito y no es de extrañar las elevadas correlaciones entre la competencia en el manejo del lenguaje escrito y los resultados escolares. Las dificultades de muchos alumnos en el dominio de la lengua escrita es un hecho que nos señala la complejidad de los procesos de lectura y escritura y que nos indica también la dificultad de encontrar situaciones de enseñanza-aprendizaje eficaces. Uno de los retos de la educación es garantizar unas condiciones adecuadas para el aprendizaje del lenguaje escrito. Como veremos más adelante, el ordenador puede ser un elemento valioso en el diseño de situaciones de aprendizaje de la lectura y de la escritura.

Los numerosos estudios llevados a cabo estos últimos años sobre los procesos de lectura y escritura han modificado algunas de las ideas dominantes antaño en la didáctica del lenguaje escrito. Una de estas ideas era la dependencia del lenguaje escrito en relación con el lenguaje oral. Como los caracteres de la escritura alfabética representan gráficamente a los fonemas del lenguaje, se puede considerar la escri-

tura como un código de transcripción. Desde esta óptica hay una continuidad entre lenguaje hablado y lenguaje escrito siendo la diferencia fundamental la del medio que los vehicula (verbal-auditivo versus verbal-visual); el proceso de escritura se considera como un proceso inverso al de la lectura. Se enfatizan entonces actividades elementales como la segmentación silábica o la habilidad de descodificación.

La mayoría de autores reconoce hoy la diferencia fundamental entre lenguaje hablado y lenguaje escrito, considerando este último como un complejo sistema notacional que no sólo transcribe las propiedades del lenguaje hablado sino que necesita una nueva construcción de unidades y reglas (Teberosky, 1990). El proceso de escritura y de lectura suponen pues una serie de operaciones ligadas a las exigencias estructurales del lenguaje escrito (Bereiter y Scardamalia, 1987). Como señala Wells (1988, p. 191), otra de las diferencias fundamentales entre una conversación (una de las modalidades del lenguaje oral) y el lenguaje escrito es que en la primera lo que se dice surge de una actividad en común y adquiere toda su significación en relación con el contexto no lingüístico. Las palabras deben concordar con el entorno. En cambio, en el lenguaje escrito el contexto extralingüístico que determina la interpretación del texto, aunque puede estar presente no tiene un papel tan dominante. Se utilizan palabras para crear un mundo de significación que debe constituir el contexto a partir del cual se puede comprender el texto. Esto significa que el alumno ha de ir más allá de la mera denominación y repetición maquinal (dibujando o asignando nombres o sonidos a las letras del alfabeto) para darse cuenta de la potencialidad del lenguaje para crear mundos posibles. Enfatizar esta construcción y transmisión de significados propios del lenguaje escrito es muy diferente que enseñar a los alumnos a operar en la superficie del lenguaje escrito; la mecánica de la lectura y de la escritura pueden ser adquiridas, pero el riesgo es que el alumno no comprenda lo que lee o no sepa construir u organizar los significados propios del lenguaje escrito para comunicar o para obtener información.

La mayoría de modelos explicativos actuales sobre la lectura y la escritura coinciden en tratarlos como procesos dinámicos complejos. La lectura no puede reducirse a un modelo secuencial y jerárquico que parte de la identificación de las grafías para dirigirse a unidades lingüísticas más amplias (palabras, frases, etc.) (modelo «bottom-up») ni tampoco a un modelo en el que la actividad inferencial del lector (búsqueda de significaciones) guía totalmente los procesos de nivel inferior (descodificación, reconocimiento de palabras) (modelo «top-down»). La lectura es un proceso interactivo en el que se utilizan informaciones de diferente índole (sensorial, sintáctica, semántica,

ca) y en el que se dan simultáneamente procesos ascendentes y descendentes a través de la emisión y verificación de hipótesis basadas en diferentes índices textuales (Solé, 1987). El lector necesita pues desarrollar, además de las habilidades técnicas de base, una serie de estrategias más complejas que dependen tanto de las marcas y aspectos formales del texto (títulos, subrayados, cambios de letras, etc.) como de las expectativas del lector o del objetivo de la lectura (Nisbet y Shucksmith, 1987).

De igual modo, la mayoría de autores que estudian la composición escrita proponen modelos explicativos que la consideran como un proceso complejo que exige diferentes estrategias ligadas a las propiedades del lenguaje escrito y no como un conjunto aislado de subhabilidades que han de enseñarse por separado (gramática, puntuación, segmentación, etc.) (Bereiter y Scardamalia, 1987; Nisbet y Shucksmith, 1987). Se enfatiza pues el proceso en sí (que genera numerosos estados intermedios en los que actúan correcciones y revisiones constantes) y no sólo el producto, a pesar de que la mayoría de situaciones escolares están orientadas a la enseñanza de reglas de la escritura (el lenguaje escrito como producto) y no a la de las operaciones que rigen el proceso de escritura (producción, supresión, agregado, sustitución, retornos, reproducción, interpretación, etc.) (Teberosky, 1990). Escribir se puede comparar entonces a una situación de resolución de problema en la que el alumno ha de adoptar y articular numerosas operaciones y estrategias aplicadas a este objeto peculiar, el lenguaje. La enseñanza de estas estrategias (planificación, transcripción, revisión, etc.) debería ser una de las prioridades del enseñante. Su adquisición es sin embargo compleja. Bereiter y Scardamalia (1987), nos indican lo que separa la manera de actuar de sujetos novatos y sujetos expertos en el arte de escribir. Los primeros adoptan un modo de composición que los autores denominan «knowledge telling» (decir el conocimiento): los sujetos van escribiendo lo que saben adoptando una estrategia de libre asociación; escriben una idea tras otra sin planificación ni autorregulación. Son sujetos acostumbrados a modos orales de comunicación en los que el oyente proporciona estímulos y guía para planificar y elaborar las ideas presentes en el discurso. En la escritura carecen de esta guía y su estrategia de escritura es lineal y directa. Los sujetos expertos escriben siguiendo una modalidad denominada «knowledge transforming» (transformar) que exige un esfuerzo mental continuado y que se caracteriza por una planificación autoguiada, por la consideración de la audiencia a la que se destina el texto, por la elaboración de representaciones mentales de la tarea de escribir, por una capacidad de diagnóstico de los problemas que aparecen cuando el sujeto compara el texto a la representación que se ha hecho, y por una evaluación de los medios pa-

ra evitar estas diferencias. Uno de los puntos esenciales de esta competencia escritora es la capacidad de los sujetos en desplegar estrategias metacognitivas que guíen y regulen las operaciones que necesitan para escribir. Esta sensibilidad metacognitiva es la que genera una distancia entre el sujeto y su texto y la que le conduce a las revisiones y correcciones, esenciales en todo proceso de escritura.

7.1. Lectura, escritura e informática

La informática, como enseguida veremos, ofrece interesantes posibilidades para el aprendizaje de la lectura y la escritura. El medio informático, por sus características, realza y facilita algunos de los procesos que están a la base de dichos aprendizajes. Pero de manera más general, la utilización del medio informático en cualquiera de sus modalidades (juegos, procesador de texto, programas de simulación, lenguajes de programación, consulta de una base de datos, etc.) exige ciertas habilidades de lectura y escritura: cuando el usuario escoge una palabra de un menú, cuando escribe el nombre de una instrucción primitiva, cuando lee un mensaje de error, cuando lee las puntuaciones y los resultados de un juego, el usuario está desplegando habilidades básicas de lectura y escritura. A pesar de la importancia de las informaciones vehiculadas por las imágenes, las informaciones escritas siguen siendo una vía imprescindible para el acceso al ordenador. El hecho de utilizar el ordenador supone pues una sensibilización al mundo del texto escrito. Pero las habilidades solicitadas de esta forma no pueden garantizar por sí solas un aprendizaje de los complejos procesos de lectura y escritura. Hemos de pensar cuál puede ser la utilidad, cuáles las ventajas y los inconvenientes de la informática cuando la utilizamos deliberadamente como instrumento de aprendizaje de la lectura y de la escritura. El procesador de texto es sin lugar a dudas la aplicación que mejor conviene a esta finalidad. Nos referiremos de manera general a esta aplicación en las líneas que siguen, dejando para el apartado siguiente la presentación de Micromundos informáticos con intenciones educativas más específicas.

(a) Toma de conciencia de algunas características básicas del sistema alfabético

En muchas situaciones en las que el alumno utiliza el ordenador el lenguaje escrito no es un fin en sí mismo. El alumno no lee por leer, no escribe por escribir. Si lo hace es para conseguir algún objetivo determinado (que puede ser tan elemental como provocar la aparición de un dibujo en la pantalla). Esta funcionalidad del escrito permite que algunas de las unidades de la escritura cobren enseguida una clara significación.

El procesador de texto está concebido de tal forma que cada vez que el alumno apriete una tecla aparezca una letra en la pantalla. La producción de una letra remite a un gesto motor claro, de fácil ejecución y significativo para el niño. Las unidades básicas del alfabeto son pues las letras cuya identidad viene dada por un acto motor sencillo. Por otra parte, en algunas utilizaciones que enseguida analizaremos, cada vez que el alumno consigue escribir una palabra sin error aparece un resultado (un dibujo) que facilita a su vez la identificación de la palabra como una unidad significativa. La identidad de las palabras se apoya a su vez en otro acto motor sencillo: apretando la tecla que introduce un espacio se consigue separar las palabras entre sí. Otro acto motor sencillo ayuda a conferir una unidad a nivel de las palabras.

Señalemos por último que el hecho de que las letras aparezcan en la pantalla de izquierda a derecha a medida que se escribe ayuda al niño a estructurar el espacio en esta dirección, dirección privilegiada en la escritura alfabética (dirección ausente en el dibujo).

- (b) El ordenador asume una parte de las acciones básicas de escritura.

Si comparamos los actos motores que nos permiten escribir desde el teclado a los que se requieren para producir un texto manuscrito, no nos será difícil reconocer que una de las aportaciones más claras del procesador de texto es la facilidad con la que se consigue producir lenguaje escrito. La habilidad técnica de escritura, tan laboriosa cuando los alumnos aprenden a escribir con papel y lápiz, se reduce a un conocimiento mínimo cuando se utiliza el ordenador. Esta simplicidad del acto mismo de escritura viene acompañada por unos resultados bastante espectaculares cuando apreciamos el producto: ciertamente se pierde el aspecto personal y único de la escritura de cada sujeto, pero se gana en claridad y accesibilidad. Si, como parece, esta mejora en el aspecto formal de los textos viene también acompañada de un sentimiento de que los textos están mejor escritos (Pcacock, 1988, muestra que los producidos con tratamiento de textos reciben, en término medio, mejores evaluaciones que los manuscritos), entonces la superioridad del ordenador parece fuera de duda.

Los alumnos que escriben con el ordenador parecen estar más motivados que aquellos que realizan redacciones con papel y lápiz (Daiute, 1985). El hecho de no tener que batallar con la pluma, el papel y los borradores, y obtener impresos de alta calidad formal parece tener repercusiones positivas sobre la actitud de los alumnos ante la escritura. Los alumnos que empiezan a escribir ya no han de preocuparse por la forma de las letras ni por el ta-

maño de las palabras; no han de estar tampoco atentos a la organización de las líneas. Se dan cuenta también que cualquier error de escritura puede ser solventado con facilidad y que no quedarán indicios. Esto puede contribuir a que tomen mayor distancia en relación a su texto y que su actitud sea más lúdica. Dominar el acto gráfico de escritura ya no es una habilidad central como lo es cuando se escribe a mano. Como veremos más adelante, esta descarga atencional en el dominio de las habilidades gráficas permite que el alumno se centre en otros aspectos más importantes de la escritura.

Otro de los factores que puede contribuir a que el alumno adopte una actitud más positiva frente a la escritura es la buena presentación de sus escritos una vez impresos. ¡Que frustrante es darse cuenta de que la redacción que tantos esfuerzos ha costado es ilegible! La seguridad de obtener un producto externamente correcto y presentable puede ser un aliciente importante para aquellos alumnos con serias dificultades en el dominio práctico de la escritura. El texto escrito, por estas razones, se convierte en un producto público, que puede ser fácilmente leído, comunicado e intercambiado entre los alumnos, características que favorecen las tareas colaborativas en torno a los textos escritos.

Esta simplicidad técnica del acto de escritura con ordenador tiene también, según algunos autores, sus peligros. La facilidad con que se obtienen textos formalmente perfectos puede centrar la atención en los aspectos superficiales en detrimento de propiedades de alto nivel (planificación, organización, coherencia, etc.) del escrito. Los alumnos (sobre todo los que empiezan a escribir) suelen centrarse en estos aspectos superficiales, quedándose totalmente satisfechos de la perfección de sus producciones. Las ayudas de corrección ortográfica que encuentran en algunos procesadores de texto les acaban de convencer de la calidad de sus escritos (Sewell, 1990). El mínimo esfuerzo exigido para garantizar una buena presentación puede ser un peligro si se olvidan aspectos menos aparentes del texto (una buena articulación y organización de las diferentes partes del texto, coherencia interna, estilo, dominio del género adecuado, etc.). Por ejemplo, Haas (1989) ha podido demostrar que la utilización de un procesador de texto en jóvenes y adultos (escritores profesionales) provocaba una disminución de las actividades de planificación en comparación con la misma tarea realizada con papel y lápiz. En el primer caso, la planificación se centraba en aspectos lexicales o sintácticos más que en aspectos conceptuales o relativos a la estructura del texto. Ofrecer a los alumnos un tratamiento de texto para sus actividades de escritura no garantiza por sí sólo una mejora de la

calidad de sus textos a pesar de la facilidad con que abordan las tareas de escritura y de la buena presentación formal de sus textos. Es necesario que el profesor (con la ayuda de «softwar» apropiados) centre la atención del alumno en aspectos menos aparentes del texto.

(c) Relación entre la lectura y la escritura

Una de las características del tratamiento de texto o de cualquier programa derivado es que su utilización favorece la relación entre la lectura y la escritura. Como ya hemos indicado en las líneas precedentes, la mera utilización del ordenador exige que el usuario adopte una actitud lectora ante el ordenador: tiene que estar atento a los diferentes mensajes que aparecen en la pantalla e intentar comprender lo que está escrito. Hasta para los niños pequeños, la simple selección de palabras que tienen una función determinada (por ejemplo cuando se dan cuenta de que utilizando cierta palabra en lenguaje LOGO, la tortuga se mueve, o cuando se dan cuenta de que el hecho de copiar una palabra determinada —por ejemplo «avión»— provoca la aparición de la imagen de un avión) les hace estar atentos a la unidad de cada palabra y a sus características diferenciales dándoles de esta forma algunos de los rudimentos básicos de la lectura. En estos casos, como en otros muchos en los que la identificación, selección y posterior copia de una palabra están asociados a una función determinada (el ordenador «responde»), los procesos básicos de lectura y escritura están íntimamente relacionados (Lawler, 1985).

De manera más general, la utilización de un procesador de texto facilita (y según para que tareas de escritura, exige) la actividad de lectura. Por un lado, el carácter público del texto (que aparece en la pantalla y puede ser leído por cualquier persona) y la calidad de su presentación invitan a la lectura. Por otro lado, la facilidad con que los textos pueden ser revisados conduce también a una constante actitud lectora. Algunas aplicaciones concretas del tratamiento de texto dejan un lugar privilegiado a la lectura. Pensemos, por ejemplo, en la situación (que describiremos con más detalle en la sección siguiente) en la que el alumno ha de escoger diversos fragmentos escritos para componer una historia (Sewell, 1990).

(d) Combinar dos sistemas notacionales: la escritura y el sistema icónico.

Una de las peculiaridades del medio informático es la facilidad con la que yuxtapone diferentes notaciones simbólicas (gráficas, matemáticas, lingüísticas, musicales, etc.). Esta posibilidad de

integrar diferentes modalidades de información ofrece una perspectiva interesante cuando consideramos el aprendizaje de la lectura y de la escritura: la de combinar el dibujo con el texto escrito. De manera general, la creación de Micromundos en los que la imagen ocupa un papel relevante parece motivador para los alumnos. Al igual que el texto escrito vehicula información y es capaz de contar historias, las imágenes también, a su manera, relatan acontecimientos y complementan la información del texto escrito. Pero de manera más específica, se pueden asociar palabras e imágenes de tal modo que la selección o escritura de una palabra haga aparecer una imagen que corresponda a su significado; el alumno escribe «playa» y aparece en la pantalla el dibujo de una playa, escribe «coche» y aparece la imagen de un coche. Esta asociación entre palabra y dibujo, aparentemente trivial, tiene una ventaja cuando se trabaja con alumnos pequeños: el lenguaje escrito adquiere un significado funcional fácilmente comprensible para los alumnos (Cohen, 1987; Lawler, 1985; Sewell, 1990).

El hecho de asociar dibujos y palabras con una finalidad determinada (escribir la palabra para que aparezca el dibujo correspondiente) puede favorecer también la distinción entre la modalidad gráfica y la escrita. Una de las tareas que ha de abordar el pequeño en la construcción del sistema escrito es la diferenciación entre este último y el dibujo. Hay datos que muestran que sujetos muy pequeños (4-5 años) ya llegan a afirmar que la escritura (números, signos de puntuación, letras) es diferente del dibujo (Ferreiro y Teberosky, 1979); ambos sistemas tienen pues sus características propias. El sistema escrito supone una organización de las líneas que está ausente en el dibujo; la forma de las letras y palabras no tiene, contrariamente al dibujo, ninguna relación con el referente. Una de las ventajas de escribir con el ordenador es que éste ofrece una separación más neta entre la palabra y el dibujo y puede favorecer la asociación entre palabra e imagen a nivel de contenido. En el tipo de asociaciones sencillas palabra-dibujo que comentábamos antes, las etapas están bien diferenciadas: 1) el niño desea que vuelva a aparecer un coche en la pantalla, 2) escribe la palabra «coche» pues sabe que es la representación escrita que permitirá que aparezca el coche 3) aparece el dibujo de un coche.

(c) La escritura como situación de resolución de problemas.

Escribir no se reduce al dominio aditivo de ciertas habilidades básicas (puntuación, ortografía) que pueden adquirirse separadamente. Hemos visto que la mayoría de autores considera la escritura como un proceso complejo en el que el sujeto está implicado

activamente planificando, revisando, elaborando modelos mentales de lo que ha de escribir, evaluando lo que produce en relación con la audiencia. El sujeto está en una situación en la que ha de lograr un objetivo (producir un texto adecuado) y para ello ha de desplegar diferentes estrategias, decidiendo cuándo y cómo ha de actuar. En este sentido, la actividad de escritura se puede considerar como una situación de resolución de problemas (2). Ante esta situación compleja, muchos alumnos carecen de la habilidad de elegir la aplicación de estas actividades, o de articularlas las unas con las otras. El procesador de texto ofrece algunas posibilidades interesantes en este sentido al proporcionar al alumno un instrumento dinámico con el que puede jugar con el lenguaje adoptando la distancia necesaria entre él y el escrito.

Ya hemos comentado más arriba que la mayoría de autores defiende que el ordenador permite liberar al alumno de una actividad — la de escritura manual — que normalmente le exige tiempo y atención, ofreciéndole así la posibilidad de centrarse en otros aspectos más centrales de la escritura. Uno de estos aspectos es la corrección y revisión de lo escrito. Corregir y revisar los textos es una de las actividades centrales de la escritura. Todos los autores coinciden en que la evaluación y corrección de los escritos es una de las tareas centrales que caracteriza el modo de proceder de los sujetos expertos en relación con los novatos. Estos últimos raras veces revisan sus escritos. El tratamiento de textos facilita sin lugar a dudas esta actividad de revisión. El alumno se da cuenta enseguida de que lo que escribe puede ser modificado con gran simplicidad. Una función (cortar) permite borrar una letra, una línea o una porción de texto; otra función (pegar) permite trasladar la parte del texto escrito escogida en cualquier lugar. La gran ventaja es que cada vez que el alumno emplea una de estas funciones, puede observar el resultado instantáneamente. Las modificaciones que introduce en el texto pueden ser constantemente verificadas. Entre el escrito y el alumno se establece una interacción dinámica, típica del trabajo con ordenador: la acción del alumno viene seguida por una modificación en la pantalla que puede ser evaluada a su vez lo que puede dar lugar a otra acción. Estas operaciones permiten modificar el texto con facilidad y sustentan cualquier tarea de revisión o corrección. En este sentido, el ordenador puede ayudar a que el alumno se dé cuenta de que la escritura no es un proceso lineal sino que es el resultado de múltiples correcciones y revisiones; entre la primera redacción y la última pueden existir diferentes versiones intermedias. Aunque potencialmente positiva, esta facilidad de corrección que ofrece el ordenador puede conducir a una valoración excesiva de la revisión en detrimen-

to de la espontaneidad de la escritura (Keith y Glover, 1987).

Tanto los buenos escritores como los buenos lectores despliegan actividades metacognitivas con gran facilidad. Estas actividades, presentes en cualquier situación de resolución de problemas, tienen una doble vertiente. Por un lado, son las actividades que permiten al sujeto pensar sobre lo que está realizando; por otro lado, esta toma de conciencia sobre su propia actividad permite que el sujeto pueda guiar y regular su actuación de manera más apropiada. Todos los autores coinciden en otorgar una enorme importancia a estas actividades metacognitivas en los procesos de lectura y escritura. Son estas actividades las que guían al lector para ir haciendo resúmenes del texto o las que le indican que no debe olvidar identificar las frases clave del texto o las que adaptan su comprensión lectora al objetivo de la lectura. Son estas actividades las que guían al escritor a planificar su composición en relación con la audiencia y con la representación mental que se ha forjado, a identificar los problemas que aparecen cuando compara su texto con la representación mental que persigue, o a no olvidar de revisar su texto. Estas actividades metacognitivas presentes en el proceso de lectura y escritura son las que guían la actividad del lector o del escritor, indicándole qué tipo de estrategias ha de desplegar y cuándo ha de hacerlo. En los lectores y escritores expertos estas actividades metacognitivas están interiorizadas y lo que aparece es un proceso autorregulador que va guiando las actividades de lectura y escritura. En los alumnos que aprenden a leer y a escribir, esta función reguladora viene asumida por el profesor. El interés del ordenador es que puede facilitar esta función de guía para alumnos que están en proceso de aprendizaje. Pero desengañémonos, un tratamiento de texto por sí solo no garantiza estas ayudas de tipo metacognitivo. Aunque el ordenador ayuda, de manera general, a que el alumno tome una cierta distancia con el escrito y a que se pueda instaurar una relación de juego con el lenguaje escrito, no suele mejorar las actividades de planificación en el proceso de escritura. Hacen falta situaciones especiales diseñadas para ofrecer una guía a los alumnos que aprenden a escribir, guía ligada a aspectos estructurales y conceptuales de la composición escrita. En estas situaciones (de las que veremos algunos ejemplos en la sección siguiente) el ordenador asume una parte de las actividades que los escritores expertos realizan espontáneamente, pero que los aprendices aún no han interiorizado: recordar que se ha de releer el texto, preguntarse si lo que se escribe está adaptado a los que van a leer el texto, preguntarse si el último párrafo escrito liga bien con el precedente o si no es necesario separar en dos párrafos el contenido del último párrafo, pre-

guntarse si no se ha de explicar el significado de algunas palabras, si lo que se ha escrito lleva al objetivo que se persigue, etc. Esta labor de guía y regulación del proceso de escritura que asume el ordenador es asumida normalmente por el profesor antes de que sea interiorizada por el alumno. Pero la ayuda del ordenador puede ser un complemento excelente a la del profesor pues permite una intervención constante a nivel de cada alumno y no provoca tantos rechazos como los que provocaría una presencia constante del profesor (Zellermayer, Salomon, Globerson y Givon, en prensa).

(f) Tareas colaborativas.

Al igual que ocurre con otro tipo de aprendizajes, los intercambios entre alumnos parecen tener un efecto muy positivo en las actividades de escritura. El trabajo en grupo requiere una discusión sobre las elecciones que se han de tomar en la construcción de un texto y supone que los alumnos expliquen y justifiquen por qué se oponen a tal propuesta o por qué ofrecen tal alternativa (Pontecorvo y Zucchermaglio, 1991). Esta necesidad de justificación y explicitación contribuye a avivar la sensibilidad metacognitiva y facilita el hecho de tomar el lenguaje escrito como objeto de discusión y de reflexión. No olvidemos tampoco la posibilidad de que uno de los alumnos, el más competente, pueda actuar de guía y tutor en determinadas tareas de escritura.

Los ordenadores facilitan el diseño de tareas de escritura que permiten la interacción entre alumnos. La presencia de la pantalla y la existencia de un teclado común hacen que el producto escrito sea fácilmente accesible: lo que se escribe es visto por los demás alumnos y cada uno de ellos puede intervenir en la modificación del texto utilizando el mismo instrumento. La facilidad de las revisiones contribuye también a la participación. Estas tareas con el tratamiento de texto que facilitan el intercambio entre alumnos pueden ir desde tareas complejas y poco definidas como la composición de una primera plana de un periódico (Keith y Glover, 1987) hasta tareas más dirigidas como la redacción de una frase, lo más larga posible, utilizando una serie de palabras definidas de antemano (Pontecorvo y Zucchermaglio, 1991).

Recordemos por último las posibilidades creadas por las redes conectadas de ordenadores para encontrar tareas colaborativas no sólo entre los alumnos que comparten un pupitre sino entre todos aquellos que potencialmente pueden intervenir en un mismo programa porque tienen el ordenador conectado en la misma red. Esta colaboración entre alumnos de diferentes centros posee sin lugar a dudas una fuerza motivadora para los alumnos que pue-

den enviar mensajes y hasta colaborar con alumnos de otros centros. Permite también organizar tareas ambiciosas (como la elaboración de un periódico) en la que cada centro colabora según sus posibilidades y sus fuentes de información (Rosa y Moll, 1985).

7.2. Tratamiento de texto y Micromundos lingüísticos

Tal y como lo hemos podido apreciar en la sección precedente, el tratamiento de texto puede originar situaciones interesantes para el aprendizaje de la lectura y de la escritura. Esto no ha de conducir a la creencia de que la introducción en una clase de lengua de ordenadores con sus programas correspondientes basta para introducir cambios importantes y novedosos en el aprendizaje de los alumnos. Para un adulto experto en escritura, el tratamiento de texto es un instrumento que modifica profundamente su manera de redactar y su relación con el texto escrito, abriendo nuevas posibilidades que no tenía antes con la escritura a mano o a máquina. Para él, la utilización del procesador de texto puede ser directa. Para un alumno en proceso de aprendizaje, un procesador de texto suele ser un instrumento demasiado complejo y abierto. Es necesario diseñar situaciones de aprendizaje más limitadas que guíen al alumno en la realización de tareas de lectura y escritura con objetivos bien determinados y en las que el ordenador juegue un papel central. Estas situaciones han de ser creadas en relación con los conocimientos previos de los alumnos, tanto en el uso del ordenador y del teclado como en su competencia lingüística (3).

Presentamos a continuación algunos ejemplos de estos Micromundos para el aprendizaje de la lectura y/o de la escritura. Como en el caso de las matemáticas hemos intentado escoger Micromundos que hayan sido objeto de experimentación y evaluación. Estos ejemplos han de tomarse como ilustraciones representativas del uso de la informática en el aprendizaje de la lengua escrita y no como modelos estrictos a seguir.

Ejemplo 1. Micromundos para los inicios de la lectura y de la escritura

El grupo «Apprentissage» del Centro Mundial de Informática de París dirigido por Cohen ha diseñado una serie de Micromundos destinados a alumnos pequeños (3 a 5 años) para la iniciación precoz de la lectura y de la escritura. Estos programas parten del supuesto que el ordenador permite un acceso precoz y funcional a la lectura y a la escritura, basado en la iniciativa del niño. Tanto la opción que ofrece

el ordenador de asociar palabras e imágenes como su interactividad (el niño hace algo que se refleja inmediatamente en la pantalla) hacen de este instrumento, según Cohen, un auxiliar valioso par los inicios de la lectura y de la escritura (Cohen, 1987).

Los programas creados por este grupo pertenecen a dos categorías: los programas creativos y lúdicos, y los ejercicios abiertos. Los niños disponen también de un tratamiento de texto adaptado a sus posibilidades.

Programas creativos

El primero de estos programas («Bonhomme-Maison») sirve para familiarizar a los pequeños con el ordenador. Con la ayuda de un lápiz óptico, los niños pueden desplazar un personaje escogiendo una de las 4 flechas que indican las cuatro direcciones cartesianas (arriba, abajo, derecha, izquierda). Cada vez que el niño aprieta una de las flechas el personaje se desplaza un poco y deja una señal de su desplazamiento. Se introduce luego una casa; el objetivo es entonces introducir el personaje en la casa.

El segundo de estos programas llamado «Paysage» permite la composición de un paisaje seleccionando elementos determinados como sol, árbol, casa, nube, niño, niña. La aparición de cada elemento se logra cuando el niño escoge el nombre escrito del objeto en cuestión. Puede entonces situarlo en el sitio de la pantalla que desea desplazándolo gracias a las flechas. La variante más fácil de este programa permite que el niño seleccione el nombre del objeto que desea, señalándolo con el lápiz óptico. Otra posibilidad exige que el niño escriba el nombre del objeto que desea usando el teclado. Como apoyo a esta actividad de escritura, se le ofrece la posibilidad de consultar un libro de imágenes en las que cada objeto (casa, árbol, nube, etc.) está acompañado por su nombre escrito.

Estos programas, aunque permiten que el niño efectúe las composiciones que desee, permanecen cerrados: tanto el vocabulario como los dibujos han sido elaborados de antemano y no pueden ser modificados.

Ejercicios abiertos

Estos programas permiten que el profesor introduzca en la memoria del ordenador el vocabulario utilizado por el niño. Se caracterizan también por proponer a los niños objetivos bien determinados.

Uno de ellos («Mot-dessin») parte de un dibujo del niño e intenta asociar las imágenes del dibujo con las palabras escritas. Por ejemplo, si el niño señala uno de los elementos de su dibujo, el nombre de este

elemento aparece en la pantalla; también puede ocurrir que el ordenador proponga un nombre de algún elemento del dibujo, la tarca consiste entonces en que el niño ha de señalar el objeto del dibujo correspondiente; se le puede por fin pedir al niño que copie el nombre que aparece en la pantalla.

Otro micromundo («Imagier») se basa también en la correspondencia entre una palabra y su representación icónica. El ordenador propone una palabra escrita y el niño ha de buscar en su libro de imágenes el dibujo correspondiente. Selecciona entonces en el ordenador el número de la página en la que se encuentra el dibujo. Si la respuesta es correcta, el nombre desaparece lentamente de la pantalla acompañada de una señal característica; si la respuesta es incorrecta, la palabra escrita parpadea y el niño escucha una señal sonora diferente que le invita a intentar de nuevo.

Estos dos ejemplos de programas abiertos exigen mayor implicación del profesor que debe adaptar el vocabulario memorizado del ordenador al vocabulario empleado por el niño o al que corresponde a los elementos de sus figuras. Este hecho puede representar a veces una sobrecarga demasiado grande para el profesor. Al mismo tiempo, estos programas proponen a los niños una tarea bien determinada, elemento que puede ser motivante para algunos (los que se pierden en tareas muy abiertas), pero que puede ser motivo de cansancio para otros. El uso de ambos tipos de programas se tendrá que adaptar a las diferentes situaciones escolares.

Todos estos programas sencillos tienen ciertas características que los hacen adecuados para un primer aprendizaje de la lectura y de la escritura. Son programas que combinan ambos procesos pues los niños han de pasar constantemente de uno a otro; el acceso al lenguaje se hace a la vez por la escritura y por la lectura. La aproximación al lenguaje es funcional: a través del dominio del lenguaje (reconocer y seleccionar una palabra, escribir una palabra) el niño obtiene inmediatamente un efecto (aparece el dibujo correspondiente y puede componer las escenas que desea). Al igual que los otros usos del tratamiento de texto, estas situaciones le permiten obtener producciones escritas claras sin el dominio de la escritura a mano. Señalemos por fin, como lo sugieren estos autores, que estas situaciones facilitan la apreciación de dos unidades fundamentales del lenguaje: la identidad de la letra (cada vez que aprieta una tecla aparece la letra correspondiente) y la identidad de la palabra (cuando acierta a escribir una palabra, surge el dibujo correspondiente) (Cohen, 1987, p. 26).

A pesar de las ventajas de estos Micromundos como posibles situaciones de aprendizaje de la lengua escrita, el optimismo de Cohen y de otros autores (ver por ejemplo, Lawler, 1985) así como su insis-

tencia en la introducción precoz del ordenador en el entorno de los niños nos parece excesivo. Estas situaciones con ordenador han de ser combinadas con situaciones social y comunicativamente más ricas, sobre todo para niños que empiezan el aprendizaje de la lengua escrita. La simplicidad de estos Micromundos, basados esencialmente en la asociación palabra escrita/imagen, apta para iniciar a los niños en algunos ejercicios elementales que se centran en un solo aspecto de la escritura (su contenido), puede ser contraproducente pues presenta una visión del lenguaje rígida y asociacionista. Pensemos, por ejemplo, en los resultados de Wells (1988) que indican que la actividad que mejor prepara a los niños para el aprendizaje de la lengua escrita es oír cuentos; es una actividad que les familiariza con la construcción y organización del significado propios del lenguaje escrito, que les permite forjar modelos mentales imaginativos más allá del entorno inmediato y que significa el punto de partida para otras actividades de intercambio social entre el niño y los adultos o entre niños. Por ser excesivamente sencillas y puntuales, por el hecho de centrarse en aspectos relativos al código y no al lenguaje escrito en toda su complejidad y por el hecho de que están dirigidas a niños muy pequeños, este tipo de situaciones con ordenador han de ser combinadas con otras situaciones no informáticas que abran diferentes perspectivas en el inicio del aprendizaje de la lengua escrita.

Ejemplo 2. Actividades con el tratamiento de texto

Basándose en cualquier procesador el profesor puede concebir situaciones de aprendizaje de la lectura y de la escritura apropiadas a diferentes niveles de competencia de sus alumnos (Sewell, 1990, pp. 183-187). Los ejemplos que siguen se caracterizan por ser situaciones sencillas que pueden ser ideadas por cualquier profesor sin necesidad de crear un «software» especializado. Representan ejercicios de diferentes niveles.

* Una de las actividades que permite el tratamiento de texto y que puede ser útil para alumnos (de aproximadamente 10-12 años) que ya dominen las bases de la escritura, pero que han de perfeccionar la redacción es ofrecerles un texto escrito y pedirles que introduzcan algún cambio. Imaginémos que uno de los protagonistas de la historia que cuenta el texto en cuestión es una chica, María, y que el objetivo es cambiar la identidad de este personaje transformándolo en Carlos. El alumno ha de modificar todas las palabras del texto para adaptarlas al cambio de género; estos cambios no sólo son gramaticales (pronombres, adjetivos) sino que conciernen también el significado de algunas palabras asociadas a uno u otro género (por ejemplo, la

chica lleva un vestido, el chico un traje) (Jones y Fortescue, 1987). Además de exigir al alumno competencias lingüísticas importantes, este ejercicio permite también que se familiarice con las funciones de «búsqueda» y de «sustitución», presentes en todos los tratamientos de texto.

** Moral (1990) presenta algunos ejemplos de ejercicios con el tratamiento de texto que tienen el interés de introducir a los alumnos en algunas de las funciones básicas del procesador (movimiento del cursor, borrar, insertar, sustituir) al mismo tiempo que pueden ejercitar algunas habilidades lingüísticas de base. Uno de estos ejercicios (apropiado para alumnos de 9-10 años aproximadamente) consiste en ofrecer al alumno una lista de palabras en las que se destacan dos partes, una escrita en minúscula, otra en mayúscula. El objetivo es borrar la parte escrita en minúscula. Algunas de estas palabras pueden ser:

ACABAREmos
imPOSIBLE
semiCÍRCULO

El alumno, al borrar la parte escrita en minúscula, se da cuenta de que la parte que queda tiene significado autónomo y que es una unidad lingüística indivisible. Al mismo tiempo permite ejercitar la función de «borrar».

Otro de los ejercicios consiste en presentar al alumno una serie de frases cortas y, al final, una lista de palabras. El ejercicio consiste en sustituir una de las palabras de cada frase por una de las palabras de la lista sin cambiar el significado. El objetivo es aquí la familiarización con pares de sinónimos.

Citemos por fin otra situación propuesta por Moral en la que el alumno (en este caso de más edad, 12-14 años aproximadamente) ha de introducir la puntuación en un texto que carece de ella. Se le pide después que copie el texto introduciendo cambios formales que no alteren el significado. Este ejercicio pretende mostrar la importancia de la puntuación para una lectura correcta así como sensibilizar a los alumnos de la existencia de diferentes variantes estilísticas.

*** Un último ejemplo nos muestra la solidaridad de la escritura y de la lectura y su posible utilización con el tratamiento de texto (Sewell, 1990, p. 180). Se trata de presentar a los alumnos un texto sencillo escrito en la pantalla. Tras su lectura se les pide que escojan una de las diferentes opciones que les ayude a continuar el texto en una u otra dirección. Cada opción conduce a su vez a una serie de opciones que permiten ir continuando la historia de manera coherente. Al final, el alumno puede imprimir su historia. Esta situación puede

ser apropiada a alumnos de diferentes edades (de 10 a 16 años) según la complejidad del texto y la variedad de las opciones propuestas.

El interés de este tipo de situación es doble. Por un lado, combina los procesos de lectura y de escritura de manera sencilla pues el alumno ha de leer y comprender el texto y las opciones que se le ofrecen para poder componer su historia. Por otro lado, aunque el punto de partida sea el mismo para todos los alumnos, cada uno de ellos puede escoger opciones diferentes y originar de este modo una historia propia. El resultado final puede ser comparado. Esta posibilidad de elección favorece el sentimiento de control que tienen los alumnos sobre el material escrito pues son ellos los que escogen la dirección del argumento de la historia.

Ejemplo 3. Micromundos que ayudan a adquirir una sensibilidad metalingüística

Basándose en la idea de que la utilización del medio informático puede modificar considerablemente los aprendizajes clásicos escolares, Pontecorvo y Zucchermaglio (1991) proponen una serie de situaciones con el ordenador con el objetivo de que los alumnos desarrollen una serie de habilidades metalingüísticas. Estas habilidades (como la planificación o la revisión) son consideradas de gran importancia para el dominio de actividades lingüísticas como la comprensión lectora o la redacción. El ordenador es considerado como un instrumento que favorece este tipo de actividades al permitir una manipulación variada y móvil del lenguaje; este último es tomado como objeto de conocimiento (el alumno puede jugar y reflexionar sobre él) y no como medio de comunicación.

Las actividades se basan en Micromundos que hacen posible la producción de textos de diferente tipo usando material escrito bajo determinadas directrices. He aquí algunos ejemplos:

- construir frases lo más largas posibles utilizando una serie de palabras (nombres, verbos, adjetivos)
- se presenta un texto con ausencia de puntuación y de conectores y el alumno ha de reconstruirlo de manera adecuada
- se pide que se componga una historia utilizando un determinado vocabulario
- necesidad de seguir un determinado orden en el uso de palabras para redactar una historia.

Todas estas tareas exigen, según las autoras, que los alumnos desarrollen habilidades de planificación, revisión y reestructuración. Al ser tareas que se ejecutan en grupos de tres alumnos, el aspecto comunicativo es esencial a la hora de justificar propuestas, explicar la

selección de opciones o de convencer al compañero. Esta interacción social favorece también, según Pontecorvo y Zuccheromaglio, las actividades metalingüísticas.

La evaluación de la competencia de los alumnos antes y después de la utilización del ordenador (evaluación comparada a un grupo control) arroja resultados positivos: indica que los alumnos que se han podido beneficiar de este tipo de Micromundos puntúa más alto en una serie de tareas metalingüísticas que los alumnos que no han utilizado el ordenador. Este resultado no puede ser explicado exclusivamente por el factor ordenador pues los alumnos que lo han utilizado han trabajado en grupo, siendo tal vez la interacción social la responsable del desarrollo de actividades metalingüísticas.

A pesar de esta incógnita, estos resultados muestran el interés de utilizar el ordenador como base de ejercicios que exigen a los alumnos ciertas habilidades metalingüísticas como la planificación o la revisión de lo escrito. Señalemos también que la introducción del ordenador se integra en un programa más amplio en el que dichas actividades se combinan con actividades sin ordenador. Estas actividades pueden ser previas (por ejemplo cortar y recomponer frases de todas las formas posibles, discutir sobre la «aceptabilidad» de una frase, clasificar los diferentes elementos de un texto) o pueden también basarse sobre el material obtenido en las situaciones con ordenador (analizar el vocabulario nuevo que ha aparecido en las composiciones, comparar las frases producidas por diferentes alumnos bajo las mismas condiciones).

Ejemplo 4. Micromundos que actúan como guías en tareas de lectura y escritura

El punto de partida de las propuestas de Salomon y de sus colaboradores es muy similar al que acabamos de describir (Salomon, Globerson y Guterman, 1989; Zellermyer, Salomon, Globerson y Givon, en prensa). Consiste en reconocer la importancia de las habilidades metalingüísticas en los procesos de lectura y de escritura y en reconocer la importancia de la interacción social para generar dichas habilidades. Como ya indicamos anteriormente, una de las diferencias fundamentales entre lectores y escritores expertos y lectores y escritores novatos es que los primeros saben usar de manera espontánea habilidades metacognitivas que les permiten ir regulando y guiando su actividad para llegar a una mejor comprensión del texto (son conscientes de que hacer resúmenes o identificar las palabras clave del texto que van leyendo les puede ayudar a su comprensión) o para llegar a una producción escrita de mayor calidad y coherencia (son conscientes de que una buena planificación puede guiar con acierto su re-

dacción o que han de revisar constantemente lo escrito comparando el resultado con la representación que se han hecho del texto o que no han de olvidar a quién está destinado el texto). En ambos casos los Micromundos propuestos por estos autores se basan en la idea de que el ordenador puede asumir una función importante de guía y control de la actividad de lectura y escritura, guía que normalmente es ejercida por otros adultos o compañeros más capaces; esta función no sólo ayuda en el momento de la lectura y redacción sino que puede ser interiorizada por el alumno, tornándose así autorregulación. Ambos programas están destinados a alumnos adolescentes (entre 13 y 16 años).

* El primer Micromundo propuesto es el denominado «Reading Partner» (Salomon, Globerson y Guterman, 1989) y su objetivo es ayudar al alumno a comprender mejor el texto que está leyendo. Presenta al lector una serie de principios básicos en forma de guía a lo largo de su actividad lectora: generar inferencias, identificar frases clave, generar imágenes y desarrollar resúmenes intermedarios. Estos principios están formulados mediante preguntas dirigidas al lector en tres sesiones de lectura.

Los resultados muestran que la ayuda del «Reading Partner» no sólo es efectiva para la comprensión lectora sino que puede ser interiorizada y utilizada en una tarea de escritura en forma de una estrategia metacognitiva de carácter general.

** El segundo micromundo, «Writing Partner», posee unas características similares, pero está destinado a la ayuda en tareas de escritura (Zellermayer, Salomon, Globerson y Givon, en prensa). Es un programa que pretende facilitar algunos de los mecanismos reguladores que guían el proceso de escritura. Comprende tres aspectos: ofrece soporte memorístico, guías para mejorar la elaboración y coherencia del texto y guías para recordar al alumno la importancia de algunos de los elementos retóricos (los relativos al objetivo del escrito y a la audiencia). Estas ayudas aparecen en forma de preguntas: ¿quieres que tu escrito sirva para describir o para persuadir?, ¿cuál es el tema de tu redacción?, ¿escribes para alguien que es experto en el tema?, ¿qué palabras claves consideras importante cuando piensas en este tema?, etc. Para un grupo de alumnos, estas ayudas aparecen regularmente aunque no sean solicitadas; para otro grupo de alumnos, las ayudas aparecen si son solicitadas; un tercer grupo redacta con el tratamiento de texto pero sin ninguna ayuda.

Los resultados demuestran una mejora en la calidad de las redacciones del primer grupo, aquel que se beneficia de una constante guía en su tarea de escritura. Los otros dos grupos (el que recibe ayuda si

la solicita y el que no la recibe) no muestran una mejora tan sensible en sus redacciones. Este último resultado muestra la dificultad que tienen los alumnos en implicarse espontáneamente en actividades metalingüísticas que puedan guiarlos en su proceso de escritura, aunque se les sugiera que pueden pedir dicha ayuda. Esta implicación espontánea es tanto más baja cuanto menor es la competencia del escritor: en términos generales, los malos escritores son los que solicitan menos ayudas.

Estos dos Micromundos nos muestran el interés de utilizar el ordenador con una función de suma importancia en los procesos de enseñanza-aprendizaje: la función reguladora. Como lo muestran los estudios sobre los procesos de lectura y escritura, las habilidades autorreguladoras que ejercen los lectores y escritores cuando están leyendo o escribiendo son un factor esencial para una buena comprensión y para una buena redacción. La plasticidad e interactividad del ordenador ofrecen la posibilidad de introducir una serie de guías cuya función consiste en regular la actividad de lectura y escritura de alumnos que aún no utilizan estas ayudas espontáneamente. Los resultados son prometedores pues no sólo indican una mejora en la comprensión y la redacción sino que sugieren que esta regulación puede ser en algunos casos interiorizada por el alumno y utilizada en otras tareas similares.

NOTAS

- (1) Aceptar que el dominio del lenguaje sea un elemento importante para la mayoría de aprendizajes escolares no significa que el lenguaje sea sólo un instrumento de aprendizaje («un medio para...»). El lenguaje es ante todo un sistema simbólico que prolonga la mente y en este sentido el interés de su aprendizaje es fundamental para el desarrollo del individuo y no es sólo utilitario.
- (2) La lectura también es considerada hoy en día un proceso complejo en el que el sujeto debe desarrollar una serie de actividades variadas como pueden ser la de generar inferencias, identificar las frases-clave, generar imágenes o producir resúmenes intermedios. Al igual que ocurre con la escritura, el lector debe desarrollar una actitud metacognitiva que le guíe en la elección y en la aplicación adecuada de estas actividades. En las líneas que siguen presentaremos el caso de la escritura, aunque muchas de las consideraciones generales que aparezcan pueden también aplicarse a la lectura. No olvidemos tampoco la solidaridad entre ambos procesos y la necesidad que tiene el alumno que escribe de implicarse constantemente en actividades de lectura.
- (3) Se olvida muchas veces que el dominio del teclado es un elemento importante, previo a cualquier utilización satisfactoria del ordenador especialmente de un tratamiento de texto. Muchos alumnos que empiezan a utilizar el ordenador se desesperan al ver que sus esfuerzos por encontrar las teclas adecuadas provocan una interacción lentísima con el programa que utilizan. Existen diversos ejercicios que, de manera lúdica, inician al alumno en el manejo del teclado (De Marcellus, 1991). Pensemos también en la posibilidad de ofrecer un teclado simplificado cuando se trata de alumnos muy pequeños que se inician en las tareas de lectura y escritura.

CAPÍTULO 8

SIMULACIÓN Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

La importancia de una buena preparación científica, que comprenda tanto contenidos en ciencias naturales (física, química, biología) como en ciencias sociales (geografía, historia, sociología, antropología) está fuera de dudas. La comprensión del mundo físico y viviente en el que se mueve el alumno, la comprensión de la realidad social del mundo que le rodea y la convicción de que el análisis del presente está vinculado a la interpretación del pasado, son logros indispensables en la educación básica de los alumnos de primaria y secundaria. Esta aceptación de la importancia de la educación científica en la educación obligatoria viene acompañada por la constatación de la gran dificultad que tiene la escuela en la preparación científica de sus alumnos. La experiencia científica que tienen la mayoría de alumnos al acabar la escolaridad obligatoria es insuficiente (Harlen, 1989); y muchas veces sus conocimientos sociales son descriptivos (fechas, nombres de lugares) y no corresponden a la naturaleza compleja y explicativa de los fenómenos y teorías sociales (Carretero, Pozo, Asensio, 1989).

Las causas de esta dificultad en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias son sin lugar a dudas demasiado complejas para que pretendamos abordarlas aquí de manera satisfactoria. Intentaremos tan sólo presentar de manera sintética algunos datos sobre el aprendizaje científico que nos han aportado los estudios realizados estos últimos años por la psicología cognitiva y por la psicología de la instrucción, datos que permiten diseñar con mejor criterio que el adoptado en el pasado

las estrategias didácticas más adecuadas para favorecer la formación científica de los alumnos.

El punto de partida de muchos de estos estudios sobre el aprendizaje de las ciencias se ha de buscar en los resultados de investigaciones que comparan las diferencias de comportamiento entre expertos y novatos (en matemáticas, en física, en química, en economía, en historia, etc.). Contrariamente a lo esperado, estas diferencias no consisten en procesos cognitivos básicos o en capacidades generales de procesamiento sino que son diferencias de conocimientos. Esta diferencia de conocimientos es tanto cuantitativa (los expertos saben más, cometen menos errores, van más deprisa en solucionar problemas) como cualitativa (la organización de estos conocimientos difiere entre unos y otros). La pericia es un efecto de la práctica acumulada y está limitada a áreas específicas de conocimiento (uno será experto en geografía y no en física, otro en historia y no en antropología) (Pozo, 1989).

Algunas de las diferencias que separan a los expertos de los novatos se explican por un proceso de automatización de los conocimientos de los primeros: esto les permite partir directamente de los datos y ejecutar los procedimientos adecuados sin hacer acercamientos progresivos hacia la meta dudando entre las diferentes estrategias que pueden utilizar. La ejecución de estos conocimientos automáticos no precisa esfuerzo atencional, lo que hace más rápida y eficaz la resolución y libera al sujeto que entonces puede dedicarse a atender aspectos novedosos de la situación o a controlar las estrategias que va poniendo en práctica. Pero la diferencia que nos parece más fundamental y la que tendrá mayores repercusiones a la hora de diseñar situaciones de enseñanza-aprendizaje es la diferencia cualitativa entre los conocimientos declarativos básicos que unos y otros activan ante una tarea. Los novatos poseen una serie de conocimientos intuitivos diferentes de los conceptos científicos. El término puede variar de un autor a otro (ideas previas, concepciones espontáneas, teorías implícitas), pero significa básicamente que el novato aborda cualquier tarea con una red compleja de conocimientos que le conducen a producir numerosos errores conceptuales. Uno de los campos que mayor número de estudios tiene a este respecto es el de la dinámica y cinemática. Sujetos novatos (cuya edad puede variar según la complejidad de la tarea) creen por ejemplo que una bola que desciende por un plano inclinado posee una velocidad mayor arriba (al iniciar su descenso) que abajo, o que si soltamos una bola atada en el extremo de una cuerda que va dando vueltas la bola irá en una dirección perpendicular a su trayectoria, o que las fuerzas que inciden en un objeto que cae son diferentes a las fuerzas que inciden en un objeto que hemos lanzado hacia arriba y que se eleva (ver Pozo 1987, 1989; Pozo y

Carretero, 1987 para otros ejemplos en esta y otras áreas del currículum).

Estas concepciones espontáneas (espontáneas en el sentido de que surgen en la mente del sujeto sin que exista instrucción alguna para producirlas) suelen ser científicamente incorrectas: difieren de los conceptos que ofrece la ciencia para describir y explicar los fenómenos en cuestión aunque, como veremos más adelante, pueden ser útiles para predecir fenómenos sencillos de la vida cotidiana. Son concepciones implícitas en el sentido de que los sujetos tienen poca conciencia de ellas y les es difícil verbalizarlas correctamente; es la regularidad de sus predicciones y de sus acciones la que conduce a suponer que el sujeto se guía por dichas concepciones (llamadas también «teorías-en-acción» pues no son una mera yuxtaposición de ideas sino que los conceptos se organizan de manera jerárquica).

Son concepciones muy resistentes al cambio, tal y como lo indican los resultados de algunos estudios realizados con alumnos que se han beneficiado de varios años de instrucción en determinadas materias pero que siguen mostrando concepciones erróneas cuando se trata de explicar un fenómeno o de resolver determinada tarea. Una de las razones de esta resistencia es que estas concepciones tienen, para el alumno, una función explicativa (sirven para predecir y controlar los acontecimientos); al haberse forjado en las experiencias más comunes que afronta el sujeto suelen ser útiles en muchas situaciones de la vida cotidiana. Pensar, por ejemplo, que todo movimiento implica una fuerza y que en ausencia de fuerzas el cuerpo tiende al reposo (afirmaciones que contradicen una de las leyes newtonianas de la mecánica) son suposiciones que se basan en experiencias cotidianas (situaciones en las que las fuerzas de rozamiento suelen exigir que se aplique una fuerza para mover un objeto) y que por esta razón sirven para prever y controlar la mayoría de experiencias cinéticas. Pensar, por ejemplo que los objetos flotan porque pesan poco, aunque incorrecto científicamente, es una creencia que nos puede ser muy útil en la vida cotidiana en la que la mayoría de objetos que se hunden pesan más que los que flotan. Si a esta utilidad le añadimos el hecho de que podemos apreciar con facilidad el peso absoluto de un objeto, pero que difícilmente apreciamos su peso específico, nos damos cuenta de la naturaleza funcional de dicha concepción.

Aunque los ejemplos que acabamos de citar pertenecen al ámbito de las ciencias naturales (ámbito en el que se han realizado la mayoría de estudios pues es más fácil evaluar lo que hacen o piensan los sujetos en este ámbito que en las ciencias sociales), las concepciones espontáneas surgen en cualquier área del conocimiento. Es como si el ser humano tuviese necesidad de forjarse sus ideas ante cualquier fenómeno que ha de prever o explicar.

Señalemos también que las mismas concepciones espontáneas suelen ser compartidas por diferentes sujetos. No son pues ideas personales y cambiantes de una persona a otra sino que los mismos errores suelen ser compartidos por diferentes sujetos. Este hecho hace pensar en la existencia de algunas restricciones sistemáticas en el procesamiento humano de la información, o en ciertos factores organizativos internos que conducen a determinadas construcciones intelectuales.

Todas estas características de las concepciones espontáneas que tienen los alumnos antes de recibir instrucción alguna nos ayudan a comprender algunas de las dificultades de la enseñanza de las ciencias. Estas ideas erróneas de los alumnos no se dejan sustituir con facilidad por otras ideas. Como forman verdaderos sistemas, la nueva teoría (la que se quiere enseñar) debe dejar paso a la vieja teoría (la del alumno). No es suficiente reemplazar algunas de estas ideas por ideas científicas correctas; es necesario un cambio conceptual (Pozo, 1989). Pero, como acabamos de ver, este cambio conceptual ofrece resistencias: las concepciones espontáneas tienen un valor funcional y sirven en muchas ocasiones de la vida cotidiana. Si a esto le añadimos la fuerte resistencia del ser humano a cambiar sus ideas si no ve con claridad la utilidad de este cambio, no nos extrañará la dificultad que tienen los alumnos en modificar sus ideas erróneas y la dificultad de los profesores en encontrar estrategias didácticas adecuadas para potenciar dicho cambio. Basándonos en los estudios sobre el cambio conceptual, señalamos a continuación algunas dimensiones que pueden ayudar a diseñar estrategias didácticas adecuadas para favorecer un cambio conceptual (ver Carretero, Pozo y Asensio, 1989; Pozo, 1987, 1989; Pozo y Carretero, 1987, para más detalles).

1. El proceso de enseñanza-aprendizaje debe versar sobre contenidos específicos. Hemos visto que lo que separa a los novatos de los expertos no es tanto una diferencia en las capacidades cognitivas generales como una diferencia en los conocimientos específicos (sobre la causalidad histórica, el tiempo histórico, la interpretación de mapas, el movimiento de objetos, la dinámica, las combinaciones químicas, etc.). Esto no quiere decir que en alguna fase del aprendizaje el alumno no haya de dominar destrezas cognitivas como la observación, la interpretación de la información, la formulación de hipótesis, las estructuras implicativas, condicionales, etc. Pero estas destrezas deben aparecer en el aprendizaje conceptual ligado a dominios específicos. No es pues suficiente, como parecían defender algunas opciones educativas basadas en la teoría de Piaget, que los alumnos adquieran una habilidad general de razonamiento para que puedan acceder a cualquier contenido científico. Es necesario que los alumnos participen en un proceso de en-

señanza-aprendizaje en el que se abordan conceptos y procedimientos específicos a un determinado tema, única manera de modificar las ideas previas que poseen sobre el tema en cuestión.

2. Para lograr esta modificación de las ideas previas hace falta que los alumnos las hagan explícitas. Hemos visto en efecto que una de las características de las concepciones espontáneas que guían la actuación de los alumnos en cualquier tarea es que son concepciones que permanecen implícitas. Uno de los objetivos didácticos es lograr que el alumno tome conciencia de sus ideas. Las técnicas precisas para lograr esta toma de conciencia pueden ser muy variadas, pero en cualquier caso es conveniente diseñar una situación de resolución de problemas en la que el alumno pueda aplicar sus esquemas espontáneos. El profesor o los otros compañeros pueden jugar un papel importante a la hora de facilitar la toma de conciencia del alumno.
3. Al ser ideas muy resistentes y con valor funcional, la toma de conciencia no es suficiente para lograr erradicarlas. Es necesario provocar una serie de conflictos que surgen de la aplicación de estas ideas a una situación determinada, y la toma de conciencia de estos conflictos: pueden aparecer conflictos entre una idea y un observable (el alumno hace determinada previsión y la constatación la contradice), pero también entre dos ideas o conceptos (el hecho de hacer cierta previsión entra en contradicción con otra idea que se tenía también como verdadera. Ser consciente de estas contradicciones no es siempre fácil. El primer tipo de conflicto (entre una idea y los datos) es más fácilmente detectable, pero conduce difícilmente a su resolución; suele ser muy frecuente en las ciencias físicas. En cambio, el conflicto entre dos ideas es más difícil de detectar, pero lleva más fácilmente a una reestructuración; este tipo de conflictos es más común en tareas de contenido social. La toma de conciencia de los conflictos, aunque laboriosa, puede llevar al alumno a una reestructuración de sus ideas.

Para lograr esta aparición y toma de conciencia de los conflictos inherentes a las concepciones espontáneas de los alumnos es importante que éstos se impliquen en actividades de tipo exploratorio e investigador: formulación de preguntas, observación, interpretación de la información, formulación de hipótesis, explicitación de la información. Cualquier situación didáctica que contribuya a este tipo de actividades en una tarea determinada puede facilitar la aparición y toma de conciencia de conflictos.

4. Pero desengañémonos, la explicitación de las ideas espontáneas de los alumnos así como la provocación y toma de conciencia de los conflictos que generan, no garantizan por sí solas el cambio conceptual. Sin una instrucción manifiesta de las ideas científicas, los

alumnos difícilmente podrán elaborar teorías que han tardado siglos y siglos en ser construidas. Es pues necesario que el profesor exponga estas teorías, para que puedan ser asimiladas por los alumnos.

Pero una simple exposición puede ser insuficiente para que se descarten ideas, que aunque erróneas, explican gran número de situaciones cotidianas y están totalmente arraigadas en la mente del alumno. Es pues necesario que el profesor muestre que la nueva teoría no sólo se aplica a problemas que ya resuelve la teoría implícita sino que también se aplica a problemas que ésta no llega a resolver. Sólo de esta manera, el alumno podrá darse cuenta de la funcionalidad de la nueva teoría.

8. 1. Experiencia científica y ordenadores

Los principios que acabamos de exponer sobre el cambio conceptual pueden dar lugar a una gran cantidad de situaciones didácticas. El empleo de ordenadores puede contribuir a diseñar algunas de estas situaciones y a hacer posible ciertas experiencias científicas difícilmente realizables sin ordenador. Pero el uso del ordenador no debe excluir otras estrategias didácticas. Acabamos de ver que el papel del profesor sigue siendo crucial a la hora de exponer la nueva teoría y a la hora de guiar a los alumnos en la resolución de sus conflictos. Lo que aporta el ordenador en la enseñanza de las ciencias es un conjunto variado de posibilidades de experiencia a través de la cual los alumnos pueden aplicar sus concepciones implícitas, tomar conciencia de ellas y evaluar los conflictos que generan. En este sentido, gracias a sus características intrínsecas, el medio informático se presta al diseño de situaciones que pueden favorecer el cambio conceptual en los alumnos.

Nos centraremos principalmente en situaciones de simulación por ser aquellas que han dado lugar a propuestas más innovadoras en la enseñanza de las ciencias, sin olvidar que el ordenador ofrece también otro tipo de ayudas (como la base de datos) útiles para la enseñanza de las ciencias, principalmente aquellas ciencias (como la historia o la geografía) que requieren el manejo de gran cantidad de informaciones organizadas.

8.1.1. *Simulación y modelización*

Se suele entender por simulación un acontecimiento estructurado que encarna relaciones causales entre elementos, acontecimiento que representa una situación del mundo real (Duchastel, 1990-91). Si manipulamos, mediante ciertas instrucciones sencillas, el movimiento de

un coche en un circuito, pudiendo modificar su dirección y su velocidad a través de una situación que reproduce las relaciones entre velocidad, dirección, aceleración, fuerza centrípeta, adherencia, etc., estoy actuando en una situación de simulación. Aunque la fidelidad (del modelo con la realidad) suele ser una de las características de las simulaciones, no es siempre necesario reproducir los elementos y las relaciones que tienen lugar en una situación real determinada. Se puede, por ejemplo, imaginar un modelo que relacione las emigraciones que se producen en un país imaginario con una serie de causas posibles (económicas, sociales, ideológicas); según el tipo de relaciones escogidas, los datos relativos a la emigración (número de personas, condición socioeconómica, momento y progresión de la emigración, etc.) cambian (Carretero, Pozo y Asensio, 1989, p. 20). En este caso se construye un modelo que funciona según determinadas características sin que éstas tengan necesariamente que referirse a datos o situaciones reales. El fenómeno general, presente en todas estas situaciones, es pues la modelización (crear un modelo causal con determinados parámetros interrelacionados) siendo la simulación (con su requisito de fidelidad) un caso particular.

En determinadas circunstancias, la fidelidad entre el modelo y la realidad es de gran importancia. Pensemos, por ejemplo, en las posibilidades de instrucción de pilotos o de expertos en el funcionamiento de cualquier máquina compleja; o pensemos también en la previsión de ciertos acontecimientos climáticos. La utilización de un modelo que reproduce con fidelidad los parámetros y relaciones fundamentales de la situación real es, en estos casos, imprescindible. Pero nos puede interesar, por ejemplo, presentar a los alumnos ciertos parámetros para que sean ellos quienes construyan un modelo causal con el fin de resolver determinados problemas: problemas cinemáticos (como relacionar la fuerza, la velocidad y la dirección del movimiento de un cuerpo) (Brna, 1991), problemas ligados a la evolución de la temperatura de un cuerpo que se enfría (Vitale, 1991b), etc. En este último caso el énfasis está puesto en el proceso mismo de modelización y no en el de exploración de una situación de simulación. Ambas modalidades pueden tener su lugar en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

(a) Artificial y accesible

Las simulaciones, como su nombre lo indica, son artificiales. Son modelos que reproducen las características más relevantes de una situación; eliminan los detalles irrelevantes para focalizar la atención en los aspectos necesarios para que se cumplan las relaciones causales básicas. Si creamos un modelo que reproduce determinados circuitos eléctricos, seleccionaremos aquellos elemen-

tos esenciales para el funcionamiento del circuito, simbolizaremos algunos de los aparatos necesarios, pero descartaremos las variables irrelevantes. Si el usuario se equivoca puede saberlo mediante una señal determinada, pero a él no le pasa la corriente, el circuito no explota y no huele a quemado.

Esta artificialidad tiene unas ventajas evidentes en la experimentación y en la enseñanza. Permite, por un lado, explorar nuevas manipulaciones y combinaciones cuyas consecuencias no se conocen con precisión. Facilita, por otro lado, la intervención de personas no expertas cuyas intervenciones distan de ser, al principio, perfectas. Los errores no tienen, pues, consecuencias fatales como podrían tenerlo en la realidad.

Esta facilidad de intervenir de manera activa en situaciones variadas sin peligros no es la única ventaja de las simulaciones. Éstas permiten también que el alumno tenga acceso directo a situaciones que normalmente no se le presentan con facilidad, pero que pueden ser primordiales para poner en cuestión determinadas concepciones espontáneas. Pensemos en uno de los principios fundamentales de la dinámica newtoniana: un cuerpo en movimiento, en ausencia de cualquier fuerza, continúa desplazándose con velocidad constante y en línea recta. Este principio queda plasmado muy pocas veces en el mundo en que nos movemos: un mundo en el que estamos acostumbrados a ejercer una fuerza para mover un objeto, un mundo en el que los objetos se suelen detener si no los seguimos empujando. La simulación con ordenador permite crear Micromundos (veremos algunos ejemplos en la sección siguiente) en los que el movimiento de los objetos sigue el principio de Newton antes señalado. El hecho de poder manipular dichos Micromundos ofrece al alumno una ocasión de confrontar, de manera activa y concreta, sus ideas sobre el movimiento con la teoría científica adecuada. Sin la posibilidad de simulación, la experiencia con este tipo de situaciones teóricas tan importantes para mostrar la aplicación de las leyes físicas es prácticamente inexistente. La única manera de aprenderlas es entonces a través de una enseñanza excesivamente teórica y abstracta.

(b) Interactividad y control

Como acabamos de constatar, uno de los elementos esenciales en las situaciones de enseñanza-aprendizaje que utilizan simulaciones es la participación del alumno. Las simulaciones se caracterizan, en efecto, por ser situaciones que permiten una interacción constante entre el usuario y el ordenador. En el caso en que se trata de adquirir ciertos procedimientos (por ejemplo las destrezas para reparar un circuito eléctrico, para conducir un coche, para

golpear la pelota de golf o para aterrizar con un avión), el modelo está constituido de tal forma que cualquier acción del alumno va seguida por algún efecto constatable en la pantalla (el circuito funciona, el coche derrapa, la pelota de golf no entra en el hoyo, el aterrizaje es algo brusco). Esto permite una corrección de las acciones en el caso de errores o su consolidación en caso de acierto. Este proceso de previsión, información retroactiva, corrección y nueva previsión contribuye a que el alumno sienta que puede ejercer un cierto control sobre la situación que está aprendiendo. Recordemos que la automatización de ciertas destrezas es algo que caracteriza el saber de los expertos.

En el caso en el que el objetivo consiste en seguir y explorar un proceso (para saber lo qué ocurre, cómo se comportan los elementos del modelo) el alumno puede hacer ciertas hipótesis sobre la evolución del modelo (puede pensar por ejemplo que al ejercer una fuerza perpendicular a la dirección del movimiento de un objeto éste cambiará de dirección de 90°) dándose cuenta de la comprobación o refutación de sus hipótesis. En este caso el objetivo no es adquirir ciertas destrezas procedimentales sino que consiste en poder explorar el comportamiento del modelo manipulando algunas de las condiciones de base o de los parámetros relevantes. Esto supone que el alumno se forje ideas sobre el funcionamiento del modelo (que construya o active un modelo mental que pueda dar cuenta del funcionamiento del modelo simulado), ideas que pueden entrar en contradicción con los resultados que constata (por ejemplo, se da cuenta de que el movimiento del objeto no cambia de 90° sino que toma una dirección intermedia entre su dirección originaria y la dirección de la fuerza). Ya hemos visto que la confrontación y toma de conciencia de los conflictos entre las ideas espontáneas de los alumnos y los conceptos científicos inherentes al modelo son pasos decisivos para promover el cambio conceptual. La interactividad de las situaciones de simulación es pues un elemento enriquecedor a la hora de concebir situaciones didácticas que faciliten el cambio conceptual.

No olvidemos tampoco aquellas situaciones que abandonan la idea estricta de simulación y proponen al alumno una situación que él mismo ha de modelizar: frente a determinados datos él mismo ha de encontrar los parámetros pertinentes y las relaciones necesarias que puedan generar estos datos. En este caso (y podemos encontrar todas las situaciones intermedias entre una simulación totalmente predeterminada que el alumno sólo puede explorar y una situación en la que él mismo crea el modelo) se puede hacer aún más patente cuáles son las ideas espontáneas que guían la elaboración del modelo del alumno, y se puede, con más facili-

dad, confrontarlas con el modelo adecuado para promover el cambio conceptual.

(c) Sistema dinámico

Una de las ventajas de la modelización por ordenador es la posibilidad de acceder a situaciones complejas cuyos parámetros evolucionan con el tiempo. En este sentido, el medio informático, contrariamente a otros medios estáticos como la imagen, la notación matemática o lingüística, permite el seguimiento, en tiempo real, de los cambios de un sistema. Esto lo asemeja al medio audiovisual, y es cierto que las simulaciones se benefician muchas veces del dinamismo de la imagen (pensemos en los videojuegos, que hacen patente este dinamismo propio del mundo visual y auditivo). Pero, como veremos en el apartado siguiente, la fuerza de las simulaciones es que permiten combinar la representación visual con otros tipos de representaciones (matemática, lingüística, gráfica), y la evolución del sistema se puede seguir en todos estos diferentes niveles.

Esta capacidad de recoger sistemas dinámicos en toda su complejidad ofrece al alumno una experiencia en el análisis multicausal, poco frecuente sin el uso del ordenador: la exploración y diagnóstico de la incidencia de diferentes causas (demográficas, económicas, sociales, dinámicas, cinemáticas, atmosféricas, etc.) sobre la evolución de determinados datos (volumen de las emigraciones, crecimiento de una población, cambios de la velocidad de un móvil, cambios de temperatura de un sólido, etc.). Esta experiencia en el análisis multicausal es central en el aprendizaje de las ciencias pues muchos de los fenómenos naturales y sociales se caracterizan precisamente por ser sistemas que se modifican a lo largo del tiempo en función de determinados parámetros.

(d) Integración de diferentes modos de representación

Ya hemos señalado que una de las dificultades del aprendizaje de las ciencias es la desconexión entre los conceptos científicos, generalmente formales, con elevado grado de abstracción y expresados en notación matemática, y los conceptos intuitivos, más contextualizados y próximos a la experiencia cotidiana de los alumnos. Todo lo que favorezca pues la relación entre diferentes tipos de representación favorece la comprensión de los fenómenos científicos.

Una de las cualidades del medio informático, presente en las simulaciones con ordenador, es que facilita el paso de un tipo de representación a otro: el escenario visual que recoge, por ejemplo, el movimiento de un objeto puede ser traducido en la expresión

matemática que relaciona los diferentes parámetros (velocidad, tiempo, espacio, fuerza, etc.) y a su vez los diferentes valores de estos parámetros pueden ser representados mediante gráficos que muestran de manera visual y más intuitiva las relaciones en juego. Esta facilidad de pasar de un medio de representación a otro es doblemente importante. Favorece por un lado el hecho de que la enseñanza parta de la experiencia concreta e intuitiva del alumno, representada por notaciones cualitativas (como la imagen o los gráficos); es posible entonces crear una situación de enseñanza-aprendizaje que parta de un escenario cualitativo y que lleve progresivamente al alumno a una formulación abstracta y cuantitativa del fenómeno. Facilita, por otro lado, el proceso de descontextualización de los conceptos científicos pues el paso de un tipo de representación a otro contribuye a que el alumno entienda mejor lo invariable de la situación y pueda generalizar los datos de una situación a otra.

Señalemos también que las posibilidades que ofrece la informática para el tratamiento de la imagen y su combinación con otras formas de notación (por ejemplo lingüística) son idóneas para facilitar el aprendizaje de conceptos propios de la geografía. Esta ciencia se caracteriza, en efecto, por la importancia que da a los aspectos espaciales y gráficos (representaciones cartográficas). El medio informático puede crear un campo de experiencia fructífero en el que las destrezas direccionales, los cambios de escala, o la localización de un lugar mediante un sistema de coordenadas pueden ser fácilmente ejercitadas (Balc, 1989).

8.1.2. *Procedimientos para tratar la información*

Uno de los aspectos básicos de la enseñanza de las ciencias (sobre todo de las ciencias sociales) es la consulta, tratamiento e interpretación de la información: datos demográficos, socio-económicos, sobre personajes históricos, invenciones humanas, oficios, población, clima, vegetación, fauna, etc. son moneda corriente en el aprendizaje de las ciencias sociales. Los alumnos dedican mucho tiempo y energía en consultar, transcribir y memorizar estos datos con la consiguiente dificultad en poderlos manipular e interpretar. Sin desestimar estas primeras destrezas, el medio informático, al garantizar sistemas eficaces de almacenamiento y búsqueda de la información, ofrece una serie de posibilidades nuevas en el tratamiento de la información que favorece la actividad de interpretación y la elaboración de conclusiones por parte de los alumnos. Éstos tienen que dedicar menos tiempo a consultar, transcribir y memorizar informaciones y pueden dedicar más

tiempo a dar sentido a la cantidad de datos que manipulan (Quintana y Vivancos, 1989).

Es importante pues que los alumnos desarrollen, con ayuda de los ordenadores, una serie de procedimientos informacionales, básicos para su aprendizaje científico. Entre estos procedimientos destacan aquellos que constituyen destrezas básicas y que una vez automatizados pueden ser de gran eficacia en el manejo de la información: dominar la mecánica de la escritura, el teclado del ordenador, conocer la ordenación alfabética, saber cómo consultar una base de datos, saber comunicar y representar los datos de diferentes maneras, etc. Estas destrezas permiten recuperar la información pertinente, procesar la información seleccionada y comunicarla. Están, por otro lado, aquellas habilidades que requieren procesos cognitivos más elaborados y que están destinadas a la síntesis, análisis, evaluación y utilización de la información utilizada. Entre estas competencias destacan la definición de la información requerida y la evaluación de los resultados (Ibidem, 1989). Este último punto está íntimamente relacionado con las situaciones de simulación pues son ellas las que facilitan la ordenación e interpretación de una serie de informaciones.

Tanto las bases de datos como las hojas de cálculo son dos utilidades que pueden ser de gran ayuda para la consolidación de estas destrezas informacionales. Con la base de datos es posible estructurar, almacenar y recuperar una serie de informaciones relacionadas entre sí gracias a diferentes atributos. Las hojas de cálculo, que comparten muchas características comunes con las bases de datos están especialmente adaptadas para la introducción de fórmulas que permiten cálculos a partir de los datos que se han introducido en la hoja de cálculo o de constantes que pueden ser definidas para cada caso. Esto hace que las hojas de cálculo sean herramientas idóneas para realizar estadísticas y simulaciones (¿qué pasaría si introducimos estos datos con este tipo de relaciones....?).

8.2. Micromundos para el aprendizaje de las ciencias

La utilización de situaciones de simulación, de modelización o de tratamiento de la información puede conducir a crear numerosos Micromundos informáticos que planteen de manera novedosa el aprendizaje de las ciencias. Tal y como lo hemos indicado al presentar los Micromundos de matemáticas y de lectura y escritura, los ejemplos que siguen no pretenden ser propuestas definitivas ni modelos a seguir de manera rígida en el aula sino más bien una serie de ilustraciones que muestran algunas de las ventajas de la utilización didáctica de los ordenadores en un contenido curricular determinado. Recordemos que los Micromundos que siguen no han de ser tampoco con-

siderados como secuencias didácticas autosuficientes; hace falta incluirlos en un contexto más amplio de actividades en el aula, algunas de ellas realizadas sin ordenador (1).

Las situaciones que con más frecuencia han sido modelizadas para su uso didáctico han sido las relativas a la física y más concretamente a la dinámica y a la cinemática. Este interés tiene su origen en las dificultades que numerosos estudiantes tienen a la hora de entender el modelo dinámico clásico (formulado en las Leyes de Newton). Una de las consecuencias de este modelo es que si no interviene una fuerza, un cuerpo en movimiento continúa desplazándose con velocidad constante y en línea recta. Esta previsión es anti-intuitiva como lo demuestra la gran cantidad de errores que cometen estudiantes novatos cuando se enfrentan a situaciones cinemáticas. Estos errores no son cualesquiera. Responden a una concepción del movimiento que se ha denominado pre-newtoniana o aristotélica (por ser análoga a la concepción del movimiento que tenía Aristóteles) y que consiste en pensar que en ausencia de fuerza un cuerpo tiende al reposo y que si el cuerpo se mueve en cierta dirección y sentido exige la existencia de al menos una fuerza en dicha dirección y sentido (Arlegui, 1988; Di Sessa, 1980). En parte, dichas ideas erróneas se basan en múltiples experiencias que tenemos con los objetos que nos rodean (donde las fuerzas de rozamiento son una parte importante del sistema) y que nos conducen a pensar que para mover una mesa tenemos que empujarla y que si cesa nuestra fuerza cesa también el movimiento; son experiencias que raras veces nos llevan a la conclusión de que un objeto en movimiento sigue en movimiento aunque no intervenga ninguna fuerza sobre él. La dificultad de encontrar situaciones en las que podamos explorar dichas leyes del movimiento hace que las simulaciones con ordenador que recogen el movimiento de los objetos tal y como lo preveen las Leyes de Newton son un elemento valioso para generar un conflicto entre las ideas espontáneas y el modelo newtoniano. Exponemos a continuación algunos ejemplos de Micromundos que recogen esta preocupación.

Ejemplo 1. «Dynaturtle» (Dinamotortuga)

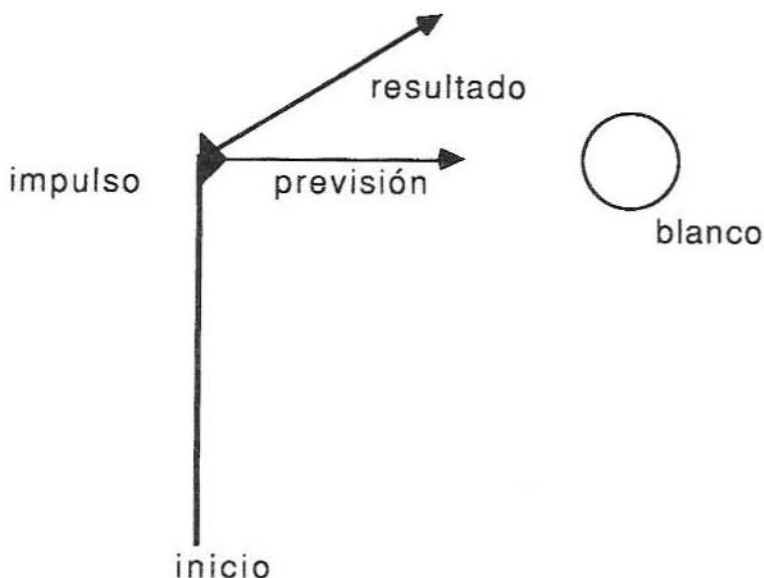
Di Sessa es uno de los primeros autores en interesarse por la creación de situaciones sencillas de juego que permiten explorar el movimiento de objetos (Tortugas, en este caso, siguiendo la denominación propia del lenguaje LOGO) que respeten las Leyes de Newton (Di Sessa, 1980; Papert, 1981). En una de las situaciones más conocidas, el movimiento de la Tortuga puede ser dirigido mediante un impluso (denominado «Kick») que actúa en la dirección que indica la

Tortuga; esta dirección puede ser cambiada con las órdenes corrientes de LOGO (Girar a la derecha de determinados grados, Girar a la izquierda de determinados grados). Si la Tortuga no recibe ningún impulso sigue en movimiento rectilíneo con velocidad constante.

El juego consiste en hacer que la Tortuga alcance un blanco situado en algún lugar de la pantalla; los jugadores tienen que escoger la dirección y el momento en el que dan el impulso, en relación con la posición del blanco y con el movimiento de la Tortuga. La mayoría de sujetos (de edades situadas alrededor de los 12 años) actúa siguiendo la idea de que la Tortuga se mueve en la dirección del impulso. Por ejemplo, una de las estrategias empleadas es la de esperar que la Tortuga llegue a la altura del blanco, orientar su dirección hacia él e introducir un impulso justo en el momento en que la Tortuga se encuentre enfrente. Después del impulso el movimiento de la Tortuga cambia de dirección, pero no adopta la dirección esperada (ver Fig. 8. 1.).

Fig. 8.1.

Una de las estrategias (erróneas) más utilizadas por los alumnos para dirigir la Tortuga hacia el blanco: introducen el impulso en la dirección del blanco cuando la Tortuga está a la misma altura



Ante estas falsas expectativas, los alumnos cambian de estrategia con el fin de dar en el blanco, lo que exige una aproximación a la dinámica expresada por las Leyes newtonianas. A veces, el proceso es lento y aparecen ciertas soluciones de compromiso como la que consiste en esperar que la Tortuga llegue a la altura del blanco, introducir entonces una fuerza en dirección contraria a su movimiento con tal de pararla, girarla en dirección del blanco e introducir un nuevo impulso (Ibidem, 1980, p. 73).

Una de las cualidades de este Micromundo, a más de permitir la exploración de un modelo raras veces accesible y de permitir la constante revisión de las previsiones de los alumnos, es que constituye una situación de juego en la que el objetivo está claramente determinado y las acciones que ha de efectuar el jugador son extremadamente sencillas. La comprensión de las Leyes de Newton se sitúa en segundo plano, es un objetivo oculto; lo que primero aparece es el desafío de dar en el blanco. Como lo demuestra el estudio de Di Sessa, esta característica contribuye a motivar a los alumnos.

Ejemplo 2. Manipulaciones directas de situaciones dinámicas

Uno de los intereses de los Micromundos informáticos, como acabamos de ver, es que permiten que el alumno manipule directamente algunos de los parámetros de las situaciones pudiendo comparar sus predicciones con el comportamiento del modelo. La variación de los escenarios que cumplen las Leyes de la dinámica newtoniana puede ser de gran ayuda para facilitar al alumno la construcción de las relaciones esenciales del modelo y para relacionar algunos de estos modelos con experiencias que puede encontrar en su vida cotidiana. Algunos autores se han dedicado a diseñar una serie de Micromundos que permiten un acceso directo a algunas de las variables que controlan el movimiento de objetos.

* Twigger y sus colaboradores (Twigger, et al., 1991) han diseñado una serie de Micromundos que cumplen las características que acabamos de señalar; su objetivo es promover el cambio conceptual en el ámbito de la dinámica en alumnos entre 12 y 15 años. Los cuatro escenarios escogidos son:

1. Movimiento horizontal con rozamiento

La situación representa una persona que empuja una caja en dos tipos de superficie, una (sobre la alfombra de un supermercado) en la que la fuerza de rozamiento es grande, y otra (sobre el suelo liso de un garaje) en la que la fuerza de rozamiento es menor. El alumno puede controlar la magnitud de la fuerza del empuje y en ambos escenarios el movimiento puede ser observado

después del impulso y se puede seguir también un gráfico que relaciona la velocidad a lo largo del tiempo.

2. Movimiento horizontal con rozamiento despreciable

En este caso el escenario recoge un patinador sobre hielo que se desplaza en una dimensión. Como en la situación anterior, el movimiento también puede ser controlado y se pueden comparar los movimientos de un patinador pesado con un patinador ligero.

3. Movimiento horizontal con velocidad dependiente de la resistencia

En este escenario se introduce un barco de motor. El acelerador del barco puede ser controlado (mediante el aumento o la disminución de la fuerza del motor expresada en newtons). A medida que el barco aumenta su velocidad, crece también la resistencia del fluido sobre el que navega.

4. Movimiento vertical bajo la fuerza de gravedad

La situación recoge un paracaidista que baja desde un helicóptero hasta el suelo. El alumno puede abrir el paracaídas en cualquier momento, comparando el movimiento antes y después de la abertura. Es posible comparar un paracaidista pesado con uno ligero.

Estas tres últimas situaciones, como la primera, permiten seguir en un gráfico el cambio de velocidad a lo largo del tiempo.

Estas situaciones permiten recoger datos precisos sobre escenarios corrientes en los que aparece el movimiento de algún objeto y permiten también establecer relaciones funcionales sencillas entre las diferentes variables en juego (fuerza, resistencia, peso, velocidad, tiempo). Una de las ayudas que nos parecen esenciales en este tipo de escenarios es la facilidad con la que determinadas informaciones (por ejemplo el cambio de velocidad o el tiempo transcurrido) pueden ser traducidas en un gráfico que facilita la comprensión de la dependencia funcional entre estas variables según determinadas circunstancias del entorno (magnitud de la fuerza, rozamiento, resistencia, etc.).

** Siguiendo el mismo objetivo general, el de crear Micromundos informáticos para el aprendizaje de nociones de física, Arlegui (1988) propone una serie de entornos que simulan diferentes movimientos: un movimiento libre en el campo gravitatorio, un movimiento con viento en el campo gravitatorio, un movimiento libre de un objeto que se desliza sobre una mesa, el movimiento de caída en el seno de un fluido, etc. Estos entornos, escritos en lenguaje LOGO, son utilizados para crear escenarios concretos:

— Entorno que representa un tiro parabólico (con velocidad inicial que puede variar) en el que la única fuerza del entorno es el peso. El alumno puede explorar en este caso la forma de su

trayectoria (que aparece representada en un sistema de coordenadas) y constatar los cambios relacionados con la modificación de la velocidad inicial o los cambios relacionados cuando se introducen otras fuerzas (como la del viento).

- Entorno que representa el movimiento de una partícula sobre una mesa según los diferentes coeficientes de rozamiento, con la representación simultánea de su trayectoria (posiciones sucesivas) a lo largo del tiempo
- Entorno que simula la caída de un objeto en un fluido, es decir, un móvil sometido a una fuerza de rozamiento proporcional a su velocidad, con las posibilidades también de representación gráfica de su trayectoria.

Estos entornos, destinados a alumnos de final de Secundaria, persiguen determinados objetivos. El primero de ellos, el más accesible, es permitir que el alumno pueda acceder a entornos dinámicos poco habituales. El segundo, es que siga el comportamiento del modelo, comparando los valores de los diferentes parámetros, midiéndolos y estableciendo las relaciones pertinentes entre ellos. Esto, que sería difícil de realizar en un laboratorio escolar para variables como la velocidad o la aceleración, se facilita con el uso del ordenador. El tercer objetivo, más ambicioso, consiste en que los alumnos modelicen la ley que rige el movimiento simulado creando o modificando el programa que ha servido para crear el entorno en cuestión. Este último objetivo tiene el inconveniente de exigir un buen conocimiento por parte de los alumnos del lenguaje de programación que ha servido para modelizar las situaciones (LOGO en este caso), pero tiene el mérito de actuar en el nivel más preciso y definitivo para la comprensión de un fenómeno complejo: su modelización en un lenguaje formal.

Ejemplo 3. Modelizar el cambio

Los fenómenos de cambio son fundamentales en todas las ciencias: la biología se interesa por los cambios morfológicos, por la evolución de las especies, la física, como acabamos de ver, se interesa por las modificaciones de sólidos, de fluidos, la química estudia la dinámica de las reacciones químicas, la geografía y la historia se interesan por las transformaciones del entorno o de variables socio-económicas, etc. La comprensión del cambio es, sin embargo, difícil pues requiere el análisis de las relaciones funcionales entre diferentes parámetros y su transformación con el tiempo. Los dos Micromundos que siguen, elaborados por Vitale (1991b) para alumnos de Secundaria, proponen situaciones relativamente sencillas con las que se puede entrar en contacto con el fenómeno del cambio.

* El crecimiento de los alumnos; los cambios de estatura y peso.

Este ejercicio parte de una realidad concreta y familiar para los alumnos: los cambios de estatura y peso, datos que pueden recoger con facilidad en sus familias o consultando al pediatra.

La primera manera en que se presentan los datos suele ser en forma de cuadros: una columna de fechas (edad o años) y otra con los datos numéricos de la estatura (en centímetros) y del peso (en kilos). Una primera transformación interesante es pasar de este listado de informaciones a la confección de un gráfico que recoja la evolución de la talla y del peso. El gráfico puede ser construido primero con papel y lápiz y luego con la ayuda del ordenador (por ejemplo en lenguaje LOGO o utilizando una hoja de cálculo). El paso del cuadro al gráfico pone en evidencia ciertas características interesantes de la evolución de ambas dimensiones:

- la estatura siempre crece con el paso del tiempo (a excepción de casos de enfermedad grave)
- el ritmo de crecimiento cambia
- las evoluciones de la estatura de las niñas es diferente a la de los niños
- la evolución de los pesos es mucho menos regular que la de la estatura.

La elaboración de un gráfico para cada alumno se presta a múltiples comentarios y discusiones en la clase y permite también la aplicación de estadísticas sencillas sobre los datos (media, dispersión) así como la discusión de las posibles causas (internas y externas) de los fenómenos de crecimiento.

** El enfriamiento de un líquido

Este ejercicio es semejante al anterior en el sentido de que parte de una serie de datos fácilmente obtenibles (temperaturas de un líquido) para el estudio del cambio, pero va más allá pues permite que los alumnos intenten una modelización matemática del cambio.

Se parte de una temperatura elevada (T_0) de un líquido (aceite o agua por ejemplo) que se deja enfriar progresivamente hasta alcanzar la temperatura ambiente (T_e), midiendo en intervalos regulares (por ejemplo de 3 minutos) las sucesivas temperaturas desde el instante «t». El ejercicio se puede hacer por ejemplo con agua calentada a 60 ó 100° C o con aceite calentado a 100 ó 200° C.

La primera parte de la tarea es similar a la del ejercicio anterior y conduce a la elaboración de un gráfico. El análisis cualitativo de los datos da lugar a ciertas observaciones interesantes:

- la temperatura disminuye siempre a lo largo del tiempo
- la disminución de temperatura es más rápida al principio del enfriamiento que al final

— la temperatura se aproxima cada vez más a la temperatura del entorno.

Una vez que estos datos han sido comentados y discutidos, se señalan las relaciones causales entre variables que pueden ayudar a los alumnos a modelizar el fenómeno mediante una ecuación: necesidad de introducir un coeficiente responsable de la disminución de la temperatura, ver que el coeficiente no depende de la temperatura inicial (pues la evolución es la misma cuando se parte de 100° después de partir de 200° o de 100° después de partir de 150°), pero sí de la temperatura ambiental y de la temperatura en cada momento, etc. Esta labor de construcción de una fórmula debe partir de las consideraciones de los alumnos y ser guiada por el profesor. Aunque la fórmula es al principio local, puede ser integrada con la ayuda del ordenador (a mano sería prácticamente imposible) y dar lugar a la evolución de la temperatura de un líquido en función de la temperatura inicial, la del entorno y de un coeficiente (para más detalles, ver Vitale, 1991b).

Los dos ejercicios que acabamos de presentar tienen la cualidad de partir de experiencias próximas a los alumnos y de datos fácilmente accesibles, y de ser al mismo tiempo ejemplos de una noción —el cambio— central en cualquier fenómeno científico. La tarea experimental de colecta de datos y (en el segundo ejemplo) de modelización constituyen actividades importantes en la experiencia científica que necesitan tanto la inducción como la deducción. El paso de un tipo de representación a otro (cuadro, gráfico y, según los casos, fórmula matemática) permite una comprensión más precisa y descontextualizada del fenómeno. Señalemos por fin, como lo hemos hecho anteriormente, la dificultad de llevar a término la última parte del segundo ejercicio sin unos buenos conocimientos de programación por parte de los alumnos y sin una guía explícita del profesor.

NOTAS

(1) Los ejemplos que siguen se refieren exclusivamente a las ciencias de la naturaleza (a la física sobre todo). La ausencia de Micromundos relativos a las ciencias sociales no ha sido intencionada, pero nos hemos encontrado con grandes dificultades a la hora de encontrar documentos que analizasen con detalle «software» relativos a estas disciplinas. En muchas publicaciones y revistas algunos de estos Micromundos son citados, pero raras veces se analizan con detalle sus características, las condiciones de uso y su experimentación con alumnos. Esto ha impedido su presentación.

Remitimos al lector a algunos documentos en los que puede encontrar informaciones sobre la existencia de tales «software». En su trabajo anteriormente citado sobre la informática y las ciencias sociales, Quintana y Vivancos (1989) citan una serie de «software» de ciencias sociales creados y distribuidos por el PIE (Programa de Informática Educativa de la Generalitat). Una revista de este organismo (PIE. 5 anys, 1991) recoge también algunos de estos programas. Los temas son variados: comarcas de Catalunya, Economía medieval, Geografía descriptiva de España, Economía del mundo capitalista, El mundo del petróleo, Estudio del relieve, Viaje por la CEE, etc. Algunos de estos programas son concebidos en forma de juegos (por ejemplo el que propone un viaje por las Comunidades Autónomas españolas según ciertas condiciones o el que propone al alumno seguir una ruta por las comarcas de Catalunya teniendo que adivinar cada comarca a partir de una serie de informaciones y ayudas); otros constituyen importantes bases de datos en las que se pueden consultar y manipular diferentes indicadores económicos, geográficos y sociales; otros por fin proponen una situación de simulación en la que los alumnos intervienen en un entorno determinado (por ejemplo el de la economía agraria) y tienen que realizar determinadas tareas (decidir, gestionar) basándose en las características de la situación.

CAPÍTULO 9

ORDENADORES AL SERVICIO DE LA EDUCACIÓN ESPECIAL

El concepto de educación especial ha variado a lo largo de este último siglo. Durante la primera mitad del siglo XX se asocia la deficiencia o el hándicap con características de innatismo y estabilidad. Se acentúa la importancia de las causas orgánicas y las consecuencias irreversibles que provocan, desestimando los factores ambientales. Las posibilidades de intervención se consideran escasas y cuando existen se conciben como una atención educativa especial desvinculada de la educación ordinaria. Desde la década de los años 50 y particularmente de los años 70 se pasa progresivamente a valorar la relación de la deficiencia con factores ambientales y a conceder mayor importancia a los procesos y a las dificultades de aprendizaje. El déficit ya no es una categoría con perfiles clínicos estables sino que se configura en función de la respuesta educativa. Hasta tal punto que el grado de deficiencia se vincula estrechamente con la capacidad del sistema educativo de proporcionar recursos adecuados (Marchesi y Martín, 1990). Esta visión concede a la respuesta educativa un mayor protagonismo a la hora de remediar las dificultades de algunos de sus alumnos y relativiza las fronteras entre normalidad, fracaso escolar y deficiencia. El empleo del término de «necesidades educativas especiales» en detrimento de todos aquellos que, como «deficiencia», «hándicap», «disminución», enfatizan el carácter irremediable e individual de las dificultades, es el signo de este cambio de concepción que revaloriza la respuesta educativa. Estas necesidades educativas especiales no sólo conciernen a aquellas personas que necesitan esta

ayuda de modo permanente y que constituyen alrededor del 2% de la población escolar (niños con retraso mental, niños ciegos, sordos, niños con parálisis cerebral, niños autistas, etc) sino que conciernen también a los alumnos (alrededor del 20% de la población escolar) que presentan diferentes dificultades de aprendizaje de forma puntual y localizada: dificultades en el aprendizaje de la lectura, de la escritura, de las matemáticas, dificultades en comunicar las ideas de manera coherente, trastornos de la atención, de la conducta, etc.

Es fácil darse cuenta de que la respuesta educativa apropiada implica actuaciones a niveles muy diversos según los casos. Supone seguramente una formación adecuada de un gran número de profesores capaces de abordar tales demandas, la ampliación y modificación del material didáctico, la utilización de nuevas metodologías, la necesidad de adaptaciones curriculares que organicen la actividad escolar de manera más adecuada, etc. (Ibidem, 1990).

Como acabamos de ver el ámbito de la educación especial es amplio y complejo. Conciernen una extensa gama de necesidades educativas especiales que pueden ir desde la mejora de la expresión (verbal, motora) y de la comunicación en alumnos con déficits sensoriales o motores o con importantes trastornos de la conducta hasta la ayuda a alumnos con retrasos en sus aprendizajes de lengua o de matemáticas pasando por la mejora de la capacidad de controlar el entorno de alumnos con parálisis cerebral. Son las necesidades de cada individuo o colectivo las que deben determinar los recursos educativos apropiados. Existen sin embargo una serie de características y principios generales válidos para la mayoría de alumnos con necesidades educativas especiales que nos permitirán indicar algunos puntos sensibles en los que la informática puede constituir un recurso educativo adecuado.

Una característica común a muchos de los alumnos con disfunciones sensoriales o motoras es el escaso control que pueden ejercer sobre su entorno. El caso de los niños con parálisis cerebral es uno de los que muestra esta dificultad con mayor claridad. Al tener una motricidad reducida o poco controlada, estos niños no pueden producir los gestos que les permitirían controlar el entorno físico y adquirir una cierta autonomía, pero tampoco pueden producir muchos de los gestos que normalmente permiten intercambiar comunicaciones, afectos o que permiten mantener la atención de las otras personas (Basil, 1990). De manera general, una de las dificultades de muchos de los alumnos con necesidades educativas especiales es la ausencia de una percepción y comprensión adecuadas de las relaciones contingentes entre sus propias conductas y los resultados provocados en el medio. Esto es cierto tanto para niños que sufren de parálisis cerebral como

para niños ciegos, sordos o autistas. Escoger situaciones estructuradas en las que las relaciones entre acciones y resultados queden claramente establecidas o facilitar todos aquellos medios que hagan posible el control del entorno por parte de estos alumnos son dos objetivos importantes que se han de tener en cuenta en la búsqueda de recursos educativos especiales.

Otra de las características relacionada con esta dificultad de control sobre el entorno (físico y social) y que puede ser en algunos casos consecuencia directa de ella es el bajo nivel de interacción social y de comunicación. Suelen ser niños con severas deficiencias relacionales (pensemos en los niños autistas, los ciegos, sordos o los niños con parálisis cerebral, pero también en aquellos que se expresan con dificultad o los que presentan trastornos del comportamiento). Para todos ellos, la elección de situaciones que fomenten las actividades cooperativa puede ser un elemento decisivo para su desarrollo. Podrán entonces sentirse más fácilmente útiles al interior de un grupo y tener más ocasiones de experimentar el sentimiento de pertenencia, tan difícil de conseguir para la mayoría de ellos (Echeita y Martín, 1990). Las tareas en grupo pueden también favorecer la aproximación física y el contacto, importantes para consolidar el sentimiento de pertenencia del que hablábamos y pueden favorecer también actitudes de mutua aceptación, apoyo o respeto. Es importante que en el diseño de estas situaciones de trabajo en grupo quede bien claro lo que aporta cada alumno al grupo, elemento que puede valorizar la contribución de estos alumnos que raras veces tienen la ocasión de darse cuenta de que pueden aportar algo a sus compañeros.

La tercera característica que se suele señalar en el comportamiento de los alumnos con necesidades especiales se relaciona con la esfera afectiva y motivacional. Lo que caracteriza en efecto a muchos de ellos es su bajo nivel de autoestima y su falta de motivación para nuevos aprendizajes. En parte, esto es consecuencia del carácter restrictivo de la interacción de estos alumnos con el medio (físico y social) que les lleva a un modo de existencia pasivo y dependiente de los demás que muchas veces se acompaña de una sobreprotección por parte del entorno que refuerza aún más estos sentimientos de inutilidad y de falta de autoestima. Son alumnos que suelen atribuir sus éxitos y fracasos a causas externas. Los recursos educativos han de ser concebidos de tal modo que acrecienten el sentimiento de control sobre el entorno para que el alumno se dé cuenta de que él puede incidir en el medio (que se dé cuenta de que sus acciones tienen efectos claros y decisivos sobre las cosas y las personas). Aunque no son fáciles de conseguir, tales entornos de aprendizaje pueden modificar las expectativas de estos alumnos sobre sus propias capacidades (normalmente muy bajas), aumentar su autoestima y su motivación y modificar

también las expectativas de las personas que rodean al alumno. Si para cualquier alumno es esencial que le propongamos situaciones significativas y adaptadas a su nivel de posibilidades, aún lo es más para los alumnos con necesidades educativas especiales que suelen arrastrar un largo historial de fracaso y pasividad.

Señalemos por último otra de las particularidades que suelen asociarse con los alumnos que necesitan ayudas educativas especiales: su falta de recursos metacognitivos. Son alumnos a quienes les es difícil aprender por sí mismos las informaciones que no les han sido transmitidas directamente, pero que son necesarias para resolver un problema y que tienen serias dificultades en poner en funcionamiento rutinas ejecutivas y estrategias de resolución de problemas; son alumnos que, en general, carecen también de las rutinas de autocontrol necesarias para guiar sus acciones en la resolución de problemas (Martín y Marchesi, 1990; Rivière, 1990a). Estas deficiencias en los recursos metacognitivos suelen traducirse en problemas de memoria y sobre todo de atención y pueden también ser las responsables de la limitación que caracteriza la base de conocimientos de muchos de estos alumnos: en muchos casos se sabe que los sujetos disponen del conocimiento adecuado, pero experimentan dificultades en acceder a él y en utilizarlo. Estas dificultades en controlar la atención y en saber qué rutina emplear para resolver determinado problema están muchas veces ligadas a la ausencia de mecanismos que permiten a estos alumnos atribuir relevancia y sentido a la tarea que se les presenta. La elección de situaciones de aprendizaje apropiadas a alumnos con necesidades especiales deberá pues, en la medida de lo posible, facilitar el ejercicio y la adquisición de recursos metacognitivos: pasando por ejemplo de técnicas de adiestramiento «ciego» (aquellas que exigen sólo que se llegue a cierto aprendizaje de contenido) a otras en las que el sujeto pueda tomar conciencia de sus procesos cognitivos para que pueda regularlos, favoreciendo situaciones en las que se hagan explícitos la razón y el significado de aprender lo que se está aprendiendo, y, de modo general, escogiendo situaciones altamente significativas y funcionales.

9.1. La informática en la educación especial

Conseguir un entorno educativo adecuado en acorde con las necesidades educativas especiales de cada alumno es un reto difícil en el que intervienen múltiples factores (detección y evaluación de las necesidades educativas, formación de profesorado, participación de los padres, apoyo psicopedagógico, organización del centro escolar, renovación del material didáctico, adecuación del sistema de evaluación del aprendizaje, etc.). El papel que puede jugar la informática para

ayudar a estos alumnos con necesidades especiales ha de ser siempre considerado en este contexto más amplio de dimensiones relevantes en la búsqueda de recursos educativos apropiados. Las consideraciones que siguen se refieren tan sólo a las potencialidades del medio informático que parecen responder a algunos de los retos planteados por la educación especial. Sería sin embargo ingenuo y peligroso pensar que la utilización de la informática, por sí sola, puede garantizar una mejora en el proceso de aprendizaje de los alumnos con necesidades especiales. La introducción de este nuevo medio es uno (y uno solo) de los elementos de la situación de enseñanza-aprendizaje.

(a) Potenciar situaciones interactivas de aprendizaje

Acabamos de ver que una de las características comunes a muchos de los alumnos que sufren de algún déficit es la reducción de la calidad y cantidad de interacciones que pueden establecer con el entorno. Uno de los papeles que puede jugar la informática es el de facilitar situaciones de aprendizaje en las que los alumnos con necesidades especiales puedan tener un control mayor de sus acciones y puedan apreciar las consecuencias de sus actos. La mayoría de utilizaciones de la informática, por simples que sean, realzan este aspecto interactivo entre las acciones que ejerce el alumno ante el ordenador y los resultados que inmediatamente observa en la pantalla. Como veremos enseguida, lograr que el alumno con dificultades tenga acceso al entorno supone muchas veces que se tengan que construir sistemas técnicos precisos y complejos. Lo que queremos señalar aquí, sin entrar aún en ejemplos más precisos, es el carácter interactivo del medio informático que lo convierte en un medio idóneo para favorecer el establecimiento de relaciones contingentes entre la actuación de los alumnos y las consecuencias de sus actuaciones. Una de las ventajas de este tipo de situaciones es que favorecen el aprendizaje de habilidades de control y regulación de la propia actividad, poco frecuentes en alumnos con necesidades educativas especiales.

Algunos estudios demuestran, por ejemplo, que alumnos con problemas de aprendizaje en el ámbito de la lectura y escritura se benefician enormemente de entornos informáticos que les proporcionan información retroactiva («feed-back») cuando están practicando el deletreo o cuando están leyendo. La utilización de un tratamiento de texto, al ofrecer un resultado claro y legible y al favorecer la revisión de lo que se está escribiendo o leyendo, parece también tener consecuencias positivas para alumnos con dificultades poco propensos a volver a leer o revisar textos de comprometida legibilidad (Anderson-Inman, 1990-91; King, 1990)

Pensemos también en las posibilidades que ofrece el lenguaje

LOGO (por ejemplo a través de su Micromundo de la Tortuga): a través de su entorno espacial que puede ser controlado por instrucciones sencillas y que ofrece a cada instante una información retroactiva en forma gráfica, dicho entorno facilita la toma de iniciativas (a través de la realización de proyectos escogidos por el alumno) y confiere al alumno mayor autonomía en su aprendizaje. El Micromundo de la Tortuga, al ofrecer posibilidades sencillas de actuación sobre un entorno espacial, parece especialmente adaptado a aquellos alumnos (por ejemplo los que sufren parálisis cerebral) que tienen pocas posibilidades de llevar a cabo aprendizajes espaciales (Weir, 1987). Algunas experiencias muestran también su utilidad con niños sordos (que encuentran en LOGO un medio de expresión y comunicación) y con niños con problemas de aprendizaje (que encuentran en LOGO un entorno estructurado que les permite realizar proyectos personales de complejidad progresiva (Battro, 1991; Battro y Denham, 1989).

En otras ocasiones, la utilización del ordenador, al presentar la información de manera distinta que en otras tareas y al exigir otro tipo de manipulaciones puede facilitar la resolución de determinados problemas. Así lo muestra Weir (1987) al relatar el caso de una niña tetrapléjica de 13 años con muchas dificultades para realizar una tarea en la que había de situar una muñeca en un paisaje en miniatura exactamente en la misma localización que la de otra muñeca situada en otro paisaje idéntico. Si los dos paisajes en miniatura estaban orientados de la misma manera, la niña no tenía dificultad alguna en situar la muñeca, pero cuando el otro paisaje estaba en otra orientación (rotación de 180° por ejemplo) la niña no acertaba. La mejora de sus respuestas fue clara cuando se le presentó la misma situación en la pantalla del ordenador. En este caso no debía de preocuparse de mover físicamente la muñeca pues podía controlarla fácilmente mediante un cursor. Esta facilitación de la tarea teniendo en cuenta sus posibilidades permitió demostrar que la niña no presentaba ninguna dificultad en manejar relaciones espaciales cuando se le presentaba una situación en la que no tenía que preocuparse de la manipulación física de un objeto. En este caso, el ordenador, al asumir una parte del trabajo que normalmente tiene que hacer el sujeto (en este caso trasladar físicamente un objeto) permite que este último se concentre en los aspectos más importantes de la tarea (relaciones espaciales) desestimando aquellos que le exigen una atención y un esfuerzo desmesurados.

Evoquemos por último las posibilidades de los programas de simulación que ofrecen a algunos alumnos con dificultades la ocasión de explorar, experimentar y controlar sin peligro situaciones

variadas a las que difícilmente podrían tener acceso en la vida real: jugar a baloncesto, bolos o golf, participar en un juego de aventuras, cruzar una calle, dirigir una granja, organizar una fiesta (King, 1986b). Estas situaciones simuladas nunca podrán sustituir la riqueza de las situaciones reales, pero suponen una ocasión muy valiosa de exploración para todos los alumnos, y especialmente para aquellos que tienen algún tipo de dificultad.

(b) Medio de expresión y de control del entorno

Los ordenadores, tal y como se presentan hoy en día al público, pueden ser de gran ayuda sin necesidad de adaptación para personas con dificultades. Los avances que se han realizado y que han conducido a una simplificación del manejo de los ordenadores facilitan su acceso a personas con necesidades especiales. Pensemos, por ejemplo, en aquellas personas que no poseen la motricidad suficiente para escribir con papel y lápiz; los tratamientos de texto constiuyen para ellos (mediante la utilización del «ratón» y del teclado) un instrumento valioso de expresión y de comunicación. Pensemos también en la existencia del disco duro que facilita el acceso a los programas y no exige la manipulación de discos externos. La tendencia a trabajar con entornos gráficos puede también facilitar el acceso al ordenador. Algunos periféricos estándar como la pantalla táctil pueden ser también de gran utilidad para estos alumnos.

Pero en muchos casos, se necesita una adaptación especial del ordenador para que lo puedan usar personas cuyas necesidades son mayores (personas ciegas, sordas, con parálisis cerebral, etc.). Para todas ellas el ordenador, por su variada funcionalidad, constituye un medio para potenciar la comunicación y para lograr un mayor control del entorno.

Existen, por ejemplo, ciertas ayudas de comunicación para personas con defectos auditivos y visuales. Algunas de ellas, como el correo electrónico, pueden ser de gran ayuda para la comunicación entre personas con este tipo de dificultades. Otras ayudas, como los ampliadores de pantalla, los sintetizadores de voz (que traducen en voz las informaciones de la pantalla), la traducción de los símbolos de la pantalla en símbolos del sistema de Braille, la impresión de textos en Braille, la lectura directa de documentos (que transporta la imagen captada por una cámara a una pantalla o la transforma en sonido, etc. (Terrasa, 1990) son más costosas y no tan difundidas, pero tienen un porvenir prometedor al constituir una ayuda esencial para muchas personas con deficiencias sensoriales. King (1986a, p. 27) nos describe un caso extremo pe-

ro ilustrativo: la comunicación entre un hombre ciego y sordo, y su amigo profundamente sordo.

«Pueden “hablar” usando la “correspondencia electrónica” (*inglés: electronic mail*); el hombre sordo y ciego escribe sobre un teclado especial conectado a un ordenador; el ordenador envía el mensaje a través de un enlace telefónico a casa de su amigo, donde otro ordenador recoge el mensaje en la pantalla; el hombre sordo lo lee y escribe su contestación, que a su vez es enviada por teléfono al ordenador del hombre ciego y sordo. Finalmente, el ordenador en casa del hombre ciego y sordo controla una máquina que contiene un sistema de Braille; el hombre ciego y sordo toca el sistema Braille y “lee” lo que le contesta su amigo...»

Las discapacidades físicas son las que han solicitado el mayor número de adaptaciones de «hardware» y de «software». Para las personas con dificultades motoras, la informática adecuadamente adaptada puede ser una ayuda técnica esencial para la comunicación y para el control del entorno (control de aparatos y de acciones domésticas, utilización de juegos). En algunos casos son suficientes adaptaciones mínimas que permiten al usuario utilizar programas comerciales; pensemos, por ejemplo, en la posibilidad de ejercer la función que tiene el «ratón» mediante un teclado adaptado (con teclas más grandes, con pedales) o mediante pequeños movimientos de la cabeza o a través de la voz. En otros casos más graves son necesarios programas específicos que han sido realizados para que puedan utilizarse en condiciones muy restrictivas. En estos casos se trata de buscar algún movimiento residual voluntario de la persona (soplo, movimiento lateral de la cabeza, movimiento de la ceja, pulsar con el pie, con la mano, etc.) que sea capaz de accionar un interruptor (Escoin, 1990). Es entonces necesario adaptar el «software» pues todas las funciones del ordenador son ejecutadas a través de la simple acción de accionar un interruptor. Una manera de lograrlo es adoptar un sistema de barrido. Se presentan en la pantalla una serie de opciones sobre las cuales se efectúa un barrido temporal automático de manera que cada opción se señala durante algún tiempo. El usuario debe esperar a que la opción que desee escoger sea seleccionada para pulsar el interruptor y elegir la.

Los programas que incluyen este tipo de adaptaciones pueden ser de utilidades muy variadas. Los más sencillos son aquellos que están concebidos precisamente para lograr un aprendizaje del uso del interruptor. Al principio es necesario que el usuario se dé cuenta de la relación causa-efecto entre el uso del interruptor y la

aparición de un efecto (auditivo o visual) en la pantalla; después, aprende a usar el interruptor en ciertas condiciones (por ejemplo cuando una señal que se mueve pasa exactamente en una casilla determinada). Una vez que la técnica de barrido ha sido ejercitada el alumno puede pasar a cualquier programa cuyo «software» esté adaptado a dicha técnica (Martín, 1990). De esta forma, alumnos con graves deficiencias motoras pueden acceder a programas educativos en los que se trabajan programas de lengua, matemáticas, ciencias; pueden usar programas comerciales como el tratamiento de texto con un sistema de escritura por barrido; pueden controlar objetos conectados con el ordenador (juguetes de pilas, silla de ruedas, televisión, abrir y cerrar una puerta, encender y apagar las luces, etc.); o pueden usar mecanismos de expresión distintos de la palabra articulada (sintetizador de voz, utilización de símbolos y pictogramas) que les permiten una comunicación alternativa.

Estos pocos ejemplos nos muestran las enormes potencialidades de la informática para ofrecer a las personas con dificultades sensoriales o motoras posibilidades nuevas de interactuar y de comunicar con el entorno. El papel de la tecnología reside, para ellos, en darles opciones para garantizar una experiencia amplia y, si es posible, normalizada.

(c) Potenciar situaciones de interacción social

Algunos de los ejemplos que acabamos de comentar conciernen las nuevas posibilidades comunicativas ofrecidas por la informática para alumnos con graves deficiencias sensoriales o motoras. Pero de manera general, los alumnos con necesidades especiales, al tener un acceso limitado al entorno social, tienen una experiencia interpersonal reducida y pobre. Las situaciones de enseñanza-aprendizaje que utilizan la informática pueden, en cierta medida, favorecer la comunicación y el trabajo en grupo. En efecto, una de las peculiaridades del medio informático que parece jugar un papel importante en el trabajo en grupo es su carácter público: lo que se hace con un ordenador aparece en la pantalla y puede ser seguido a la vez por dos o tres alumnos; éstos pueden entonces, con mayor facilidad que en otras tareas, comparar, corregir, completar las informaciones que van apareciendo en la pantalla. Pero al mismo tiempo, lo que aparece en la pantalla puede ser controlado con facilidad (pensemos, por ejemplo, en un procesador de texto o en un programa gráfico) desde un teclado común siguiendo ciertas instrucciones que son idénticas para todos los alumnos. Estas condiciones (que podrían también encontrarse en tareas no informáticas, pero que el uso del ordenador potencia con sencillez) favorecen las tareas colaborativas.

Muchos de los alumnos con problemas de aprendizaje presentan al mismo tiempo una actitud negativa cuando se trata de trabajar en grupo, seguramente debido a su poca seguridad en sí mismos y a su autoimagen negativa que no quieren mostrar a sus compañeros. Como lo muestra el ejemplo que sigue (Anderson-Inman, 1990-91), una tarea colaborativa con el ordenador puede animar a estos alumnos a participar de manera más activa en proyectos de clase. La tarea consiste en redactar una carta en grupos de tres alumnos; cada grupo da cuenta al profesor responsable de las actividades y de los avances que ha realizado en un determinado proyecto. Los grupos redactan su carta en una sala oscura en la que la pantalla del ordenador es proyectada en una pantalla mucho más grande que puede ser vista por toda la clase. Por un lado, la proyección pública permite que todos los alumnos comenten, sugieran o corrijan algunos aspectos de la carta que sus compañeros están redactando. Por otro lado, alumnos que en otras circunstancias presentaban una gran dificultad en participar oralmente en discusiones, se mostraban en esta tarea más activos y más desinhibidos. Una de las razones de dicho cambio (como lo sugieren los profesores que han realizado esta experiencia) puede residir en el hecho de que la atención de toda la clase se centra en la pantalla y no en el grupo que está redactando su carta. Paradójicamente, aunque el resultado del trabajo colaborativo se vuelve público, en contraste, el proceso de sugerir y proponer ideas en el grupo permanece más anónimo. Esto facilita la participación de algunos alumnos.

(d) Incidencia en factores afectivos y motivacionales

Ya hemos señalado que una de las dimensiones esenciales inherente al aprendizaje de los alumnos con dificultades es la relativa a la esfera afectiva y motivacional. Para algunos de ellos (los que tienen serias deficiencias de expresión y comunicación) la pobreza interactiva con el entorno les puede conducir a un sentimiento de impotencia y a la sensación de que pocas veces pueden ser agentes activos de cambio. Estos sentimientos suelen acrecentarse cuando el entorno responde a su vez con pasividad o protegiéndolos en exceso. Estos alumnos tienen entonces pocas ocasiones de experimentar el sentimiento de autonomía en sus aprendizajes. Para otros, con dificultades de aprendizaje no tan severas ni permanentes, los reiterativos fracasos les conducen también a experimentar sentimientos negativos en cuanto a su valía y los apartan progresivamente de situaciones en las que pueden sentirse protagonistas. En ambos casos, suelen ser alumnos con una baja autoestima, con expectativas negativas y con una baja motivación para emprender tareas escolares.

La informática puede favorecer la creación de situaciones de aprendizaje que den a algunos de estos alumnos mayor confianza en sí mismos y que sean más motivantes. Como ya lo hemos comentado anteriormente, las tareas con ordenador permiten una confrontación explícita entre lo que realiza el alumno y las consecuencias inmediatas de su acción. Muchas veces, el ordenador crea por primera vez la posibilidad de interactuar con el entorno y de tener acceso a una gama amplia de experiencias hasta entonces desconocida. En ambos casos, el ordenador facilita el acceso a una experiencia en la que el alumno se siente protagonista en mayor medida que en muchas otras tareas. Sewell (1990, p. 152) relata el clima de una clase de alumnos con dificultades auditivas en dos situaciones distintas, una en la que se trataba de trabajar la composición escrita, la otra en la que se requería la solución de complejos problemas matemáticos. En la primera situación los alumnos, conscientes de sus limitaciones en esta área del currículum, manifestaban incertidumbre, poco interés y una falta total de motivación. En la segunda situación el clima fue de entusiasmo, confianza y de alta motivación. A estos alumnos con dificultades auditivas, la informática puede darles la oportunidad de participar en tareas de escritura en las que su protagonismo es mayor y que por esto pueden ser más motivantes para ellos.

De igual manera, las facilidades que ofrece la informática pueden significar, para muchos alumnos con necesidades especiales, una nueva manera de abordar una tarea. Pensemos en el ejemplo de la niña tetrapléjica que hemos comentado más arriba y que nos muestra las ventajas de una tarea en la que el control del movimiento de los objetos en vez de hacerse físicamente se hace en una representación de la escena a través de un cursor; o pensemos en las facilidades icónicas que ofrecen muchos programas informáticos y que pueden ser de gran ayuda a algunos alumnos con problemas en el ámbito de la lectura y la escritura; o pensemos en las posibilidades que ofrece el sintetizador de voz a personas con dificultades visuales que pueden tener así acceso directo a una información que aparece en la pantalla. En todos estos casos, la adaptación de la tarea a las posibilidades de los alumnos suele reflejarse en una mayor motivación y en una mayor autoestima.

9.2. Micromundos para la educación especial

En las líneas que preceden hemos descrito algunos ejemplos que ilustran las nuevas posibilidades de aprendizaje creadas por la informática cuando se adapta a determinadas necesidades especiales. Los avances técnicos son y serán decisivos para ir encontrando situaciones

idóneas para estos alumnos; la exploración de estas posibilidades está aún en sus balbuceos y, a pesar de algunos avances espectaculares en las nuevas posibilidades de comunicación y control del entorno de personas con serias deficiencias, estamos lejos de poseer una gama variada de situaciones de aprendizaje apropiada a la amplia gama de alumnos con necesidades educativas especiales. La dificultad de encontrarlas no viene tan sólo de los avances técnicos. Éstos serían improductivos si no fuesen dirigidos por los resultados de los estudios psicoeducativos que nos han ido aportando resultados sobre las capacidades y la manera peculiar de aprender que tienen los alumnos con distintas dificultades. Estos resultados, algunos de los cuales han sido señalados al inicio de este capítulo, son aún muy escasos. Pero son ellos, a nuestro entender, los que deben dirigir las adaptaciones del material informático para potenciar situaciones de aprendizaje adecuadas a los alumnos con necesidades especiales. Si esto es cierto para cualquier tipo de entorno informático destinado a potenciar los aprendizajes escolares, es aún más patente en el caso de la educación especial donde existe un enorme riesgo en creer que un buen descubrimiento técnico podrá solucionar los problemas educativos.

Los ejemplos que siguen recogen algunos de los Micromundos informáticos creados para encontrar situaciones adaptadas a alumnos con necesidades especiales; hemos escogido situaciones sencillas precisamente para mostrar con más claridad el aspecto psicoeducativo relegando en un segundo plano el aspecto técnico.

Ejemplo 1. Micromundo para deficientes auditivos

El objetivo de este micromundo (Rodríguez y León, 1990) es ofrecer a alumnos con deficiencias auditivas la posibilidad de explorar situaciones lingüísticas que puedan ayudarles a estructurar su lenguaje. De manera más concreta, el aspecto abordado por el Micromundo concierne la utilización de la preposición «en» en frases descriptivas de cuatro elementos con verbos de acción. La idea fundamental es que el alumno tome conciencia, gracias a la estimulación gráfico-perceptiva, de cómo utilizar la preposición «en» de forma correcta en frases descriptivas. El Micromundo se concibe como una ayuda destinada a niños sordos, aproximadamente entre 7 y 12 años, cuyo déficit auditivo se haya producido antes del inicio del aprendizaje de la lengua. Para acceder al programa es necesario un cierto conocimiento morfosintáctico y semántico así como una determinada competencia lectora. Uno de los prerrequisitos para la utilización del programa es que el alumno entienda el vocabulario utilizado en él («marca la respuesta acertada», «comprueba», «ayuda por favor»,

etc.), vocabulario que puede ser explicado previamente al alumno mediante situaciones audiovisuales, imágenes o dramatizaciones.

El Micromundo, denominado «Mirar y entender», contiene un juego y una prueba. Posee una opción de «ayuda» en la que se explica al alumno el significado de algunos iconos que sirven para moverse al interior del programa así como la ejemplificación del juego y de la prueba.

El módulo «juego» consiste en presentar al alumno un dibujo que representa una escena sencilla en la que un personaje hace una acción determinada (un niño que va en bicicleta, un señor que viaja en avión, etc.); en otra pantalla se le presentan 4 elementos en un orden cualquiera (el niño/en/va/la bici; avión/en/el papá/viaja) que debe ordenar para que la frase describa lo que ocurre en el dibujo precedente. El alumno puede mover los elementos de la frase mediante un «ratón» y colocarlos en 4 recipientes (en forma de vagón). Una vez que los haya ordenado puede pedir información sobre su frase. Si el orden propuesto es incorrecto se le ofrecen informaciones (gráficas y escritas) sobre el error que ha cometido: error por inversión de sentido («la bici va en el niño»), ordenación caótica que destruye cualquier sentido de la frase («la bici el niño en va»), frases correctas pero de uso menos frecuente («en la bici el niño va») o errores por omisión de elementos («va niño bici»).

El módulo «prueba» propone un sencillo test de elección múltiple. Para cada dibujo el alumno ha de escoger una de las cuatro frases que se le presentan. Si comete un error, recibe un mensaje que le explica el significado de su error.

El programa incluye también información sonora (voz digitalizada) que acompaña los mensajes escritos y gráficos que se dan al alumno después de sus respuestas. Esta información sonora podrá aprovecharse de muy distinta manera según la deficiencia de los alumnos, desde aquellos que no tendrán ninguna posibilidad de captarla a otros que entenderán de manera inteligible el mensaje pasando por aquellos que percibirán tan sólo un pequeño espectro frecuencial. Así y todo, y tal como lo defienden los autores del programa, el mensaje auditivo puede jugar para algunos alumnos un papel importante de refuerzo auditivo en la ejecución del programa.

Este entorno informático tiene la ventaja de presentar a los alumnos con dificultades auditivas un acceso sencillo a situaciones en las que pueden ejercer un aspecto muy concreto de su competencia lingüística. Una de sus cualidades principales es el aspecto diverso del «feedback» que reciben los alumnos tras sus respuestas: es una información a la vez escrita, sonora y gráfica, y cuyo contenido se adapta al tipo de error que han cometido. La calidad y precisión del «feed-

back» es un elemento importante en el diseño de entornos para alumnos con necesidades especiales. Señalemos también la utilización constante de elementos gráficos (a través de ellos se plantea el juego) que son un soporte importante para vehicular información a todos los alumnos, pero especialmente a los que presentan deficiencias auditivas.

Ejemplo 2. Micromundo de la tortuga LOGO para alumnos con deficiencias motoras

Aunque nos vamos a centrar aquí en el caso de alumnos con deficiencias motoras, recordemos que LOGO es un lenguaje de programación muy abierto, concebido para un uso educativo, pero sin ser destinado de antemano a una población determinada. En el campo de la educación especial, LOGO se ha utilizado desde principios de la década de los años 80 con alumnos con dificultades sensoriales, motoras, afectivas, sociales o con alumnos que presentan dificultades variadas de aprendizaje (Goldenberg, 1979; Michayluk & Saklofske, 1988; Watt & Weir, 1981; Weir, 1987).

Como lo señala Weir (1981, 1987) LOGO, y particularmente el Micromundo de la Tortuga, constituye un medio nuevo de expresión y aprendizaje para niños con deficiencias motoras al ofrecerles un entorno interactivo en el que pueden explorar y controlar efectos espaciales variados. En efecto, dos de los elementos que mayor importancia tienen en los alumnos con dificultades motoras (pensemos, por ejemplo, en alumnos con parálisis cerebral) son la escasa experiencia y el pobre control espacial que han podido ejercer sobre su entorno debido a sus dificultades motoras. Son alumnos que no suelen disponer tampoco del dominio de la escritura (no pueden manejar un lápiz) y que presentan frecuentemente trastronos del habla y del lenguaje. De manera general, se mueven en un entorno en el que pocas veces pueden ser protagonistas, en el que pocas veces controlan los aspectos físicos y sociales, un entorno poco interactivo que les conduce a cierta pasividad y a una falta de motivación.

El Micromundo de la Tortuga ofrece a estos alumnos una posibilidad de enfrentarse a un entorno estructurado pero abierto en el que pueden realizar proyectos geométricos controlando los movimientos de un cursor y realizando figuras en las que priman los aspectos espaciales (1). El lenguaje LOGO tiene un cierto número de palabras primitivas que sirven para componer instrucciones que en el caso del Micromundo de la Tortuga son instrucciones que controlan el movimiento de un cursor luminoso. Las instrucciones de base son aquellas que hacen avanzar o retroceder el cursor de cierta distancia o bien que lo hacen girar de cierto ángulo. Este cursor puede dejar un trazo

en sus desplazamientos, lo que origina figuras geométricas variadas cuando se repiten y se yuxtaponen diversas instrucciones primitivas.

Cuando el lenguaje LOGO está destinado a alumnos con necesidades especiales se suele facilitar la interacción alumno-lenguaje creando periféricos más apropiados. En el caso de alumnos con deficiencias motoras uno de los objetivos tiene que ser simplificar la entrada de instrucciones primitivas: en vez de tenerlas que escribir, algunos sistemas, como la mesita sensible, permiten seleccionar directamente una instrucción que está escrita, el alumno debe tan sólo presionar el lugar de la mesita en la que aparece dicha instrucción.

Para los alumnos con dificultades motoras, el Micromundo de la Tortuga puede constituir una fuente de situaciones de aprendizaje enriquecedoras. Ofrece por un lado la posibilidad de controlar un ámbito normalmente fuera del alcance de estos alumnos: el ámbito del movimiento, del espacio y de los dibujos. Este control se hace a través de proyectos gráficos que guían la actividad de los alumnos (dibujar un personaje, dibujar letras del alfabeto, dibujar un campo de fútbol, dibujar una espiral, etc.) y cuya realización exige que se aborden algunos conceptos geométricos, algebraicos o trigonométricos. Una de las cualidades de LOGO especialmente adaptada a estos alumnos es que cualquier intento de realización de una figura aparece en la pantalla, con lo que se establece una relación directa entre una idea, un proyecto, y su resultado concreto. Los alumnos pueden ir estableciendo relaciones variadas entre sus acciones (sus programas) y el resultado que aparece en la pantalla. Esta confrontación desemboca muchas veces en errores, cuando aparece un resultado distinto al esperado: la corrección de errores se convierte entonces en una de las tareas interesantes de la programación con LOGO. Tanto la posibilidad de basar la actividad informática en proyectos personales como el hecho de que cada realización viene acompañada por un resultado verificable que puede guiar al alumno en la búsqueda de una solución más apropiada son elementos que suelen acrecentar la motivación de los alumnos. Weir (1981), tal vez con excesivo optimismo, señala que para algunos de ellos, la posibilidad de actuar de manera personal en un entorno estructurado y rico como LOGO puede revolucionar sus vidas pues por primera vez pueden expresar y comunicar una inteligencia que hasta entonces había estado aprisionada.

Ejemplo 3. Micromundos para alumnos con problemas de aprendizaje lingüístico

Desde hace algunos años se están creando una serie de Micromundos destinados a alumnos con dificultades de aprendizaje en el ámbito del lenguaje. Todos estos programas se caracterizan por estructurar

la situación de aprendizaje de un modo que facilite la experiencia del alumno.

House

«House» es un programa sencillo que permite la creación de diferentes entornos de aprendizaje adecuados para niños pequeños (inicios de la educación primaria) con problemas de lenguaje y de comunicación (Hope, 1987, p. 108). El elemento básico del programa es muy sencillo: consiste en ir apretando una misma tecla para que vayan apareciendo en la pantalla los elementos de una casa (paredes, ventanas, puertas, techo). Una vez que la casa está dibujada se pueden cambiar los colores de estos elementos presionando la misma tecla. El programa permite diseñar entornos que potencian las habilidades comunicativas de los alumnos.

Uno de estos entornos consiste en proponer a dos alumnos la siguiente tarea: mientras uno hace aparecer en la pantalla una casa con determinados elementos y colores, su compañero ha de construir una casa idéntica en tres dimensiones utilizando un material con elementos de cartón apropiados. Dicha tarea exige, además de saber pasar de un modelo en dos dimensiones a un modelo en tres dimensiones, que los alumnos identifiquen y describan los diferentes elementos, que se ayuden verbalmente en la elección y construcción de los elementos y que comuniquen y justifiquen su conformidad o disconformidad.

El otro entorno está dirigido a alumnos algo mayores, o en cualquier caso, a alumnos que posean habilidades comunicativas más avanzadas. La tarea consiste ahora en que el alumno que manipula el ordenador debe describir con la mayor claridad posible la casa que acaba de hacer aparecer en la pantalla con el objetivo de que su compañero (que no puede ver la pantalla) la construya con los elementos en cartón.

Ambos entornos tienen la ventaja de plantear objetivos sencillos, que pueden ser evaluados con claridad por los alumnos (pueden comparar en cualquier momento ambas casas) y que exigen para su realización una cooperación y una actividad comunicativa que suele ser, además de fructífera para alumnos con dificultades expresivas, distraída y motivante.

Prompt

Es un procesamiento de texto que ofrece al alumno una manera muy simple de escribir palabras (King, 1986b). Se basa en la utilización de una mesita sensible que sustituye al teclado clásico: cuando el alumno presiona una parte de la mesita el ordenador «sabe» qué parte ha sido presionada. El interés de este teclado alternativo es que el maestro puede preparar hojas que contienen palabras o frases apropiadas.

das para determinado tema y determinados alumnos. Prepara entonces un archivo que contiene los datos de las palabras en la hoja y su posición. Cuando el alumno ponga su hoja sobre la mesita sensible, cada vez que presione una palabra o una frase que figura en la hoja aparecerá en el ordenador dicha palabra o frase. Las palabras pueden también ir acompañadas por dibujos.

Este programa y sus variantes (Hope, 1987, p. 121), aunque están básicamente destinados al ciclo de Enseñanza Primaria, pueden adaptarse a alumnos de diferentes edades y niveles de lectura y composición según la selección que haga el profesor de los datos que introduce en la hoja de la mesita sensible. A partir de este programa pueden crearse diferentes situaciones de aprendizaje que enfatizan uno u otro aspecto de la lectura y la escritura: crear una hoja con diferentes palabras que permita a los alumnos copiar frases cada vez más largas, crear una hoja de trabajo con palabras que provienen de una historia que ha sido leída por los alumnos y proponerles que escriban las respuestas a diferentes preguntas sobre dicha historia, crear una hoja de trabajo en la que las nuevas palabras vayan acompañadas de dibujos y proponer al alumno que escriba una historia inventada, etc.

Moving in

Es un programa muy estructurado, destinado a alumnos (principalmente del ciclo de Enseñanza Primaria) que tengan dificultades en combinar palabras en el orden adecuado cuando construyen sus frases (Ibidem, 1987, p. 113). La idea básica es que el alumno puede controlar acciones sencillas que ocurren en un escenario representado en la pantalla (por ejemplo un escenario en el que figuran las diferentes habitaciones de una casa con todos sus elementos) en la medida en que es capaz de escribir mensajes correctos. Los mensajes pueden ser escritos desde un teclado normal: si las palabras que utiliza el alumno están en el repertorio del ordenador (se puede crear un fichero amplio de palabras relativas a la escena) y si están escritas en el orden adecuado, la escena se modifica de acuerdo con el mensaje. Los mensajes son del tipo: «Saca la silla del cuarto de baño», «Pon una mesa en el comedor», «Saca la televisión de la cocina», etc. Pero para alumnos con dificultades en manejar el orden de las palabras parece más adecuada una alternativa más sencilla que utiliza una mesita sensible. Se escriben sobre ella una serie de palabras (por ejemplo dos verbos —poner y sacar—, dos preposiciones —en y de— varios objetos —televisión, mesa, silla, etc.— y varios lugares —cocina, habitación, cuarto de baño—, etc.). Sólo si el alumno las escoge en el orden correcto (tan sólo tiene que presionar el lugar en donde figuran), el mensaje provoca la acción correspondiente en la pantalla.

Este Micromundo, a pesar de ser muy estructurado, deja al alum-

no una cierta libertad en la elección de las palabras. Uno de sus intereses es, de nuevo, la posibilidad que da al alumno de controlar las acciones que ocurren en su entorno (en este caso en la escena representada en la pantalla) cuando construye mensajes adecuados.

Ejemplo 4. Micromundos para alumnos con dificultades de aprendizaje en matemáticas

Al igual que los micromundos que acabamos de presentar para el aprendizaje de la lengua los dos que siguen a continuación ilustran algunas tentativas para crear entornos accesibles en los que los alumnos con dificultades (en este caso en el ámbito matemático) puedan abordar tareas sencillas pero estimulantes. Muchas de estas situaciones podrían realizarse sin usar el ordenador. La utilización del medio informático suele añadir sin embargo ciertos elementos de interés en el proceso de aprendizaje que pueden repercutir también en la motivación de los alumnos («feedback» inmediato, utilización dinámica de la imagen, facilidad de compartir la tarea, etc.).

Boxes

Es un programa muy sencillo destinado a alumnos de Primaria con dificultades para apreciar la magnitud de los números y su ordenación (Ibidem, 1987, p. 146). En la pantalla aparecen 10 cajas yuxtapuestas horizontalmente. Las cajas están vacías. Se le proponen al alumno 10 números (generados al azar entre el 1 y el 99); la tarea consiste en poner el máximo de números en las cajas siguiendo dos condiciones: en cada caja sólo puede ir un número y deben colocarse en orden.

Fig. 9.1.
Micromundo «Boxes»

El alumno ha de ir colocando en orden los diez números que el ordenador genera al azar

Números que han de colocarse: 64, 72, 9

	16	23	37		53			88	
--	----	----	----	--	----	--	--	----	--

17, 34

Números que no han podido ser colocados

Cuando los números se van poniendo sin una excesiva planificación, algunos de ellos deben ser descartados pues ya no tienen una caja donde situarlos (por ejemplo si el alumno, ha colocado el 16 y el 23 en cajas contiguas y se encuentra con el 17 ya no puede colocar este último) (Fig. 9. 1.). La resolución de la tarea en grupos de dos o tres alumnos estimula la discusión sobre los números (su orden, su magnitud) y sobre la mejor estrategia para realizarla consiguiendo colocar los 10 números.

Decimales

Este es un programa cuyo primer objetivo tiene poco que ver con la enseñanza de las matemáticas, pero que puede ser empleado de manera sencilla e ingeniosa para trabajar con números decimales (Ibidem, 1987, p.148). Se puede destinar tanto a alumnos que empiezan con este tema como a alumnos con dificultades especiales a la hora de comprender dicho concepto. En ambos casos, aunque las edades puedan variar según la población escogida, este programa parece adecuado para los últimos años del ciclo de Enseñanza Primaria.

El programa de base sirve para calcular el tiempo de reacción del usuario. La técnica es muy sencilla: aparece en la pantalla una cruz y el alumno debe apretar lo más rápidamente posible una tecla; se inscribe en la pantalla el tiempo que se ha tardado en reaccionar. El tiempo es siempre inferior a 1 segundo y suele oscilar entre 0.20 y 0.45. A partir de estos datos se pueden crear diferentes actividades de clase.

Una de ellas consiste en que cada alumno efectúe 10 tentativas y que escriba sus resultados en orden. Se comparan entonces los mejores resultados de todos los alumnos. Esta tarea ya tiene cierto interés pues permite al alumno constatar que ciertos números decimales que parecen mayores son en realidad menores (que 0.3 por ejemplo es mayor que 0.28) y le sensibiliza con la manera de apreciar las magnitudes y con la ordenación de números decimales. La puesta en común de la lista de todos los alumnos puede conducir a una ordenación de todos los resultados de la clase.

Una segunda actividad puede ser la de establecer el tiempo de reacción medio para cada alumno. Esto permite abordar la suma y la división por 10 de números decimales y de apreciar la sencillez (al menos aparente) de esta última operación realizada con números decimales. El alumno puede constatar también que el resultado se sitúa efectivamente en la zona media de sus 10 resultados ordenados.

Las tentativas para cada alumno pueden repetirse para constatar hasta qué punto el tiempo de reacción puede mejorarse (se comparan entonces los mínimos o la media de las series de un mismo alumno). Estos cálculos pueden realizarse con la ayuda de histogramas. Se pue-

den complicar los cálculos cuando se propone trabajar con 8 tiempos de reacción en vez de 10, lo que dificulta la operación de división. Se pueden también comparar los resultados de grupos de alumnos según ciertos criterios (sexo, edad, altura, etc.).

Este último ejemplo nos muestra que la creación de un entorno significativo y motivante para los alumnos no exige necesariamente programas informáticos complicados. Nos muestra también que una idea aparentemente sencilla puede dar lugar a una serie de actividades cada vez más complejas y de interés para el currículum de las matemáticas. Nos muestra por fin la necesidad de combinar tareas informáticas con otras tareas no informáticas.

NOTAS

(1) Es difícil proponer las edades exactas en las que la experiencia con LOGO podría ser fructífera con estos alumnos. Los proyectos que pueden proponerse en LOGO pueden variar enormemente en dificultad (de proyectos que pueden proponerse a alumnos —sin necesidades especiales— de 6 años hasta otros proyectos que pueden ser interesantes para alumnos de Secundaria. La severidad de la deficiencia puede también variar en los alumnos con dificultades motoras y de ella dependerá el grado de dificultad escogido en LOGO. Señalemos algunos de los prerrequisitos básicos para realizar proyectos sencillos: poseer algún movimiento voluntario que pueda servir para entrar las instrucciones en LOGO, entender el significado de algunas palabras escritas (como «adelante», «atrás», «girar», «lápiz», «repite», etc.), relacionar el uso de ciertas instrucciones con los efectos que aparecen en la pantalla, tener la habilidad de planificar unas pocas instrucciones de manera ordenada. Sin querer limitar la utilización de LOGO a estas edades, señalemos que muchas de las experiencias realizadas con alumnos con dificultades motoras se sitúan entre los inicios de la adolescencia y la edad adulta.

CAPÍTULO 10

SI QUIERES UTILIZAR LOS ORDENADORES EN EL AULA...

Es pura ilusión creer que por el sólo hecho de utilizar el ordenador la práctica educativa mejorará. Es cierto que el medio informático posee una serie de potencialidades que pueden significar cambios beneficiosos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Pero también es cierto que muchas de las aplicaciones educativas de la informática han tenido resultados perniciosos, desanimando a más de un profesor y a más de un alumno que se han confrontado a máquinas de difícil acceso que no funcionaban la mitad de las veces, a programas repetitivos y aburridos, a contenidos de aprendizaje sin relación alguna con las otras materias o a situaciones de aprendizaje solitarias y poco motivantes.

Integrar los ordenadores en la práctica educativa de manera innovadora es una tarea excesivamente compleja pues supone tomar en cuenta de forma simultánea todas las variables que interactúan en la práctica educativa, a diferentes niveles: desde el coste de las máquinas y de su mantenimiento hasta la elección de «software» educativos pasando por la modificación del horario lectivo, por una buena formación informática de los profesores, por una redefinición de la relación alumno-profesor o por una modificación del currículum de las diferentes materias. Esta integración supone un largo proceso de tentativas, experiencias y adaptaciones en el que uno de los elementos básicos es el intercambio interdisciplinario (entre profesores de diferentes materias, entre profesores, técnicos y psicólogos, entre profesores y responsables informáticos de la Administración, etc.) y una re-

flexión continuada, al interior de cada centro, sobre las aportaciones, dificultades y limitaciones de la integración de la informática como nuevo medio de aprendizaje. Reflexionar sobre la informática puede ser entonces útil, no sólo para tratar de encontrar la mejor manera de integrarla en la práctica educativa, sino para cuestionar también la adecuación de dicha práctica a la luz del nuevo medio didáctico.

Para fomentar dicha reflexión, proponemos a continuación un decálogo informático, destinado principalmente al profesor interesado en las nuevas tecnologías (1). En él hemos querido recoger de manera sintética aquellos principios que han ido apareciendo y que hemos desarrollado a lo largo de este trabajo; son temas que consideramos centrales para una reflexión sobre la utilización educativa de los ordenadores.

Como todos sabemos, la claridad de la formulación de un mandamiento no significa que su puesta en práctica sea fácil.

I. Eligirás una teoría para que te guíe en la práctica

La única manera de conseguir una integración escolar de la informática coherente es fundamentarla en una teoría psicoeducativa que indique las dimensiones principales que se han de seguir para potenciar un aprendizaje significativo con ordenadores. Sin una trama teórica, el peligro es que no se consiga una verdadera integración de la informática en la práctica educativa o que no se tomen en cuenta las potencialidades más innovadoras de los ordenadores, y que las decisiones estén determinadas por razones circunstanciales y cambiantes (la aparición de un nuevo programa, el interés de algunos profesores, la necesidad de combatir el fracaso escolar, etc.), todas ellas importantes pero insuficientes si no se integran en un contexto teórico que las relacione y les dé un sentido amplio. El interés de apoyarse en una teoría es que ésta permite también explicar el alcance de los resultados de los estudios empíricos que nos van indicando la manera más apropiada de utilizar la informática en el contexto escolar.

Las teorías psicoeducativas sobre las que se pueden fundamentar la aplicación de la informática en la práctica escolar son numerosas. En los capítulos 3 y 4 hemos expuesto aquellas teorías (conductismo, procesamiento de la información, Inteligencia Artificial, psicología genética, teorías de la mediación) que nos han parecido determinar las opciones de aplicación más importantes. Un análisis detenido de sus ventajas y limitaciones nos ha conducido a proponer un marco teórico con dos ideas básicas: constructivismo y mediación. Adoptando la tesis del constructivismo hemos querido optar por una concepción del aprendizaje en la que la actividad estructurante del alum-

no es una pieza fundamental y en la que el conocimiento se ha de entender como una interacción constante entre el alumno y la materia que va conceptualizando. Adoptando la tesis de la mediación hemos querido señalar la necesidad de ampliar el marco piagetiano en una dirección esencial: considerar que cualquier conocimiento se realiza de forma mediatizada, a la vez a través de un sistema simbólico que le da forma y sirve para su representación, y a la vez a través de las interacciones con otras personas (profesor y otros alumnos). Esta ampliación del marco piagetiano permite analizar el papel que, por sus cualidades únicas, puede jugar el medio informático si lo comparamos a otros medios simbólicos (como el lenguaje escrito, la notación matemática, la imagen); permite también considerar la importancia del contexto escolar (sobre todo del profesor y de los otros alumnos) en cualquier aprendizaje específico.

II. Sacarás partido de las potencialidades del medio informático

Una de las ideas centrales de este libro es que el medio informático tiene una serie de características que lo convierten en un medio simbólico diferente de los que tradicionalmente se conocen. Algunas de estas características (interactividad, dinamismo, integración de diferentes notaciones, capacidad de cálculo, integración de aspectos procedimentales y declarativos, situación de resolución de problemas) lo convierten en un medio que potencialmente puede modificar los aprendizajes escolares de manera beneficiosa. Muchas de estas dimensiones tomadas individualmente pueden caracterizar también a otros medios no informáticos y estar presentes en situaciones de aprendizaje en las que no se utiliza el ordenador. Lo propio del ordenador es presentarlas de manera simultánea y de forma muy accesible.

Cuando se utilizan las nuevas tecnologías nos parece pues esencial preguntarse en cada momento lo que ellas aportan en relación con un aprendizaje que no utiliza el ordenador, intentando diseñar situaciones que aprovechen dichas potencialidades. Sólo de esta forma podremos plantear situaciones novedosas evitando una utilización del ordenador que no aporta nada nuevo (excepto gastos y dolores de cabeza) al proceso de enseñanza-aprendizaje.

III. Combinarás las tareas informáticas con las no informáticas

A pesar de las ventajas que pueda tener el medio informático para el aprendizaje escolar, sería una grave equivocación elegir el ordenador como medio exclusivo de aprendizaje y no alternar las tareas informáticas con otro tipo de tareas más tradicionales en las que se utilizan medios diferentes (acciones, notación escrita, imágenes, so-

nidos). El afirmar que el conocimiento y el aprendizaje son experiencias mediadas supone que esta mediación es inevitable, pero supone también que se puede realizar de diferentes maneras. Cada modalidad de aprendizaje (con ordenadores, con papel y lápiz, con imágenes audiovisuales, con lenguaje hablado, con movimientos corporales), al mediatizar el aprendizaje de forma distinta pone el énfasis sobre ciertos aspectos del conocimiento en detrimento de otros. Acostumbrarse a pasar de un tipo de mediación a otro dándose cuenta de las ventajas y los inconvenientes de cada uno de ellos debe de ser uno de los objetivos de cualquier aprendizaje. Es tan criticable organizar todos los aprendizajes escolares en torno al lenguaje excluyendo las imágenes y las acciones, como basarlo únicamente en tareas informáticas, excluyendo experiencias en las que los cinco sentidos y las acciones están implicadas o excluyendo cualquier tipo de comunicación verbal que no esté mediatizada por el ordenador. A pesar de las ventajas evidentes que pueden aportar los ordenadores en los aprendizajes escolares, éstas tomarán todo su relieve si son constantemente contrastadas con tareas no informáticas.

IV. Utilizarás el ordenador partiendo de aprendizajes específicos

Varias razones nos conducen a proponer una utilización de los ordenadores al interior de cada una de las materias del currículum escolar. Por un lado, muchos estudios realizados durante estos últimos 10 años y que hemos citado en el capítulo 2, apoyan la idea de que un buen aprendizaje debe partir de un núcleo de conocimientos específicos y nos muestran al mismo tiempo la dificultad que tienen los alumnos a la hora de aprender habilidades generales independientemente de contenidos particulares. De manera más precisa, estos estudios nos muestran lo difícil que es conseguir que, programando, los alumnos adquieran capacidades cognitivas que puedan aplicar a cualquier ámbito. El coste de un curso de programación (que tendría que ser muy largo y realizado a elevados niveles de pericia para que sea productivo) nos parece demasiado elevado en relación con los escasos logros alcanzados cuando se toma la programación informática como una asignatura formativa (como antaño ocurría con el latín). Nos parece también que es más funcional y provechoso introducir el medio informático como soporte y medio didáctico para cada una de las materias del currículum que crear una nueva asignatura (la informática) que tiene pocas razones de existir como objetivo en sí mismo (2). Cada profesor, desde su especialidad, puede de esta forma colaborar para encontrar la manera más provechosa de utilizar el ordenador.

Esta utilización de la informática al servicio de cada materia esco-

lar y ligada de esta forma a contenidos específicos no excluye que se creen tareas y proyectos transdisciplinares (que necesiten informaciones matemáticas, lingüísticas, físicas, sociológicas, etc. de manera integrada) para los que la informática parece especialmente adaptada. Estamos convencidos de que muchos de los problemas interesantes que se pueden plantear y resolver con la ayuda de la informática son transdisciplinares. Nos parece sin embargo que el planteamiento y la resolución de dichos problemas debe surgir en un segundo momento, después de que se haya trabajado con la informática desde cada materia.

V. Introducirás el ordenador en las aulas

Si queremos que los ordenadores sean instrumentos funcionales útiles y complementarios a otros medios que ya se utilizan en el contexto escolar, y si queremos que aporten un elemento nuevo de plantear el proceso de enseñanza-aprendizaje al interior de cada materia escolar, nos parece más apropiado que los ordenadores se introduzcan y estén disponibles en cada una de las aulas en vez de crearse un aula de ordenadores separada. Somos conscientes de que es mucho más difícil (por razones económicas, de organización y de formación de los profesores) conseguir introducir los ordenadores en las aulas que crear un aula de ordenadores que es consultada puntualmente por los alumnos. La primera opción nos parece sin embargo mucho más funcional para crear un entorno informático accesible y que no represente una ruptura con los otros materiales didácticos y que pueda estar al servicio de cada profesor para cada materia. La presencia física de los ordenadores en el aula (pueden estar en un espacio delimitado al fondo de la clase) facilita, para cada materia, la integración de tareas informáticas con tareas que no utilizan el ordenador. De igual forma que nos parecería absurdo desplazar a los alumnos a una sala especial cada vez que utilizamos la pizarra o un retroproyector para nuestras explicaciones y para la resolución de ciertos ejercicios, resulta también poco funcional desplazarse a una aula de ordenadores cada vez que los tengamos que utilizar.

VI. Harás trabajar a los alumnos en grupo

Una de las ideas equivocadas que se suelen tener en relación al trabajo con ordenadores es que éstos conducen a experiencias de aprendizaje solitarias y poco comunicativas. Muchos estudios demuestran, al contrario, que los ordenadores se prestan más que otros materiales a situaciones de aprendizaje en grupo y que de manera general el trabajo con los ordenadores fomenta la discusión y el intercambio de ideas y de experiencias.

Por estas razones nos parece en general más apropiado y enriquecedor proponer tareas en las que trabajan grupos de dos o tres alumnos frente a un mismo ordenador (aunque el número de alumnos pueda depender del tipo de tarea, nos parecen mejor los grupos de dos que de tres, no por superstición sino por razones prácticas de eficacia y de reparto del trabajo). Es evidente que a lo largo de toda una secuencia didáctica puede ser conveniente contemplar momentos en los que los alumnos trabajen solos con el ordenador así como momentos de puesta en común y de discusión general con toda la clase.

VII. No dejes que el ordenador te sustituya

Otra de las fantasías que se pueden tener cuando se piensa en la utilización didáctica del ordenador es la desaparición del profesor. Aunque es cierto que en casos extremos y determinados de aprendizaje con ordenadores en los que se utilizan programas muy estructurados y autosuficientes, el papel del profesor se reduce al mínimo, la mayoría de situaciones de aprendizaje con ordenadores otorgan un protagonismo crucial al profesor. Estamos muy lejos de poseer programas lo suficientemente adaptables e inteligentes para que simulen con fidelidad la compleja labor de tutoría, guía y regulación que ejerce el profesor durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Y aunque los obtuviésemos, lo que técnicamente pudiese ser posible (que el ordenador sustituya al profesor) sería desechable por razones afectivas y emocionales (pensemos en la importancia de las identificaciones o, de manera general, en la importancia de la relación afectiva que se establece entre el alumno y su profesor y que sustenta muchas veces la curiosidad y el deseo de aprender).

Lo que es incuestionable es que, con el ordenador (como cuando se utiliza cualquier medio didáctico como la pizarra, un vídeo o un retroproyector) se modifica el papel del profesor. La relación comprende ahora cuatro elementos (profesor-alumno-ordenador-tarea) en vez de tres. El profesor puede dejar al alumno mayor autonomía en su trabajo con el ordenador pues éste tiene la propiedad de ser interactivo y de solicitar reacciones del alumno constantemente (éste realiza proyectos, o sigue las instrucciones de una simulación o contesta a las preguntas de un «software» específico); pero al mismo tiempo puede seguir dicho trabajo con más facilidad que con otros materiales observando lo que ocurre en la pantalla, interviniendo, comentando o guiando lo que hace el alumno. Lo que puede ocurrir entonces es que algunas de las atribuciones del profesor (por ejemplo la de ser fuente de información o la de dar consignas o la de transmitir información o la de corregir algunos errores elementales, o la de asegurar la adquisi-

ción de ciertas destrezas básicas) puedan ser asumidas parcialmente por el ordenador.

VIII. Enuncia con claridad los objetivos curriculares

La fascinación que ejercieron los ordenadores en el momento en que su uso empezó a generalizarse y las esperanzas excesivas que se les asignaron condujeron a la idea equivocada de que el trabajo con los ordenadores podía ser, por sí solo, fuente de conocimiento y de aprendizaje. Se confundieron las potencialidades del ordenador (verdadadamente numerosas e interesantes para la práctica educativa) con los resultados efectivos. Algunos estudios mostraron en seguida que no es suficiente que los alumnos estén en contacto con los ordenadores (que programen o que resuelvan ejercicios informáticos) para que adquieran nuevos conocimientos o destrezas. Para que la experiencia dé resultados positivos se han de cumplir una serie de requisitos entre los que destacan la formulación y explicitación de los objetivos curriculares. La cuestión giró principalmente en torno a la programación con el lenguaje LOGO. De manera algo ingenua e interpretando de forma abusiva la idea piagetiana de «aprendizaje espontáneo», se creyó que la experiencia de programación con LOGO sería, por sí sola, fuente de adquisiciones (tanto conocimientos como habilidades) importantes. La mayoría de estudios han mostrado la necesidad de seleccionar y definir con claridad los objetivos de aprendizaje que se persiguen (que pueden ser tanto adquisiciones de conocimientos específicos como adquisiciones de capacidades generales) y la necesidad de diseñar una situación con el ordenador acorde con dichos objetivos.

IX. Forma a otros profesores antes de enseñar a los alumnos

Una de las grandes dificultades con las que se enfrenta cualquier proyecto de introducción de la informática en la escuela es la sensibilización y formación de los profesores en el campo de la informática. Si queremos que la informática sea un nuevo medio didáctico y se integre de manera novedosa en el proceso de enseñanza-aprendizaje de cada materia escolar y que sea también el punto de partida de proyectos transdisciplinares, tenemos que garantizar una buena formación del profesorado en el ámbito de las nuevas tecnologías. Esta formación, más que centrarse en aspectos técnicos (importantes, pero que se pueden abordar con bastante sencillez dadas las facilidades de uso de los nuevos ordenadores) debería insistir en las posibilidades de las nuevas tecnologías como nuevo medio de enseñanza y aprendizaje y girar en torno a reflexiones y experiencias concretas de utilización de la informática en las diferentes materias.

Este proceso de formación y ayuda es, sin lugar a dudas, un proceso lento, costoso y que suele encontrar múltiples resistencias por parte de los profesores. Pero sin él, cualquier tentativa realmente innovadora de integración de la informática en la práctica escolar está destinada al fracaso.

X. Nunca olvides que el ordenador es una máquina

Mandamiento que no necesita comentarios. En caso de dudas, apagar el ordenador.

NOTAS

(1) Recogemos aquí la idea de los diez mandamientos propuesta por Rivière en relación con el aprendizaje de las matemáticas (Rivière, 1990, p. 181). El lector puede encontrar también, sobre el tema de la informática, la formulación de 10 (¡también 10!) principios expuestos por Vitale (1991).

(2) El objetivo que suele evocarse cuando se proponen cursos de iniciación a la informática (cursos de «alfabetización informática») es permitir que los alumnos comprendan los rudimentos de los ordenadores para que puedan utilizarlos o para sensibilizarlos y prepararlos para integrarse en una sociedad cada vez más informatizada. Aunque totalmente lícito, este objetivo no necesita una asignatura aparte: por un lado los ordenadores son cada vez más accesibles para un usuario novato y cada vez se requiere menos tiempo para su utilización y por otro lado, la mejor manera de hacer con los alumnos una reflexión sobre las consecuencias sociales y culturales de la informática es partir de su utilización en tareas concretas (en matemáticas, en ciencias sociales, en física, en lengua).

Una cuestión diferente (que a veces se confunde con estos cursos de iniciación) es que se ofrezcan cursos de preparación y especialización técnica de informática a nivel Secundario con el objetivo de ofrecer las bases para una formación tecnológica ulterior.

ANEXO

CUATRO PROYECTOS DE APLICACIÓN DE LA INFORMÁTICA EN LA ESCUELA

Hemos elegido cuatro proyectos oficiales de informática educativa con el objetivo de ilustrar algunas estrategias concretas sobre la difusión y la utilización de la informática en el contexto escolar. Los resumiremos brevemente, contemplando las dimensiones de análisis que hemos expuesto en el capítulo 5. Los tres primeros se refieren a proyectos del sistema educativo español. El cuarto se refiere a un proyecto dirigido por el «Centre de Recherches Psychopédagogiques» de Ginebra para la introducción de la informática en las escuelas públicas de la ciudad de Ginebra en el nivel secundario obligatorio.

I. Proyecto Atenea del Ministerio de Educación y Ciencia

En 1985, el Ministerio de Educación y Ciencia inicia un plan experimental para la introducción de las nuevas tecnologías de la información, programa que recibe el nombre de «Proyecto Atenea». El Proyecto prolonga, a una escala mucho más ambiciosa, la labor de profesores que desde el comienzo de la década de los años 80 introducen los ordenadores en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Algunos de estos profesores pioneros (de Institutos de Bachillerato, de Centros de Formación Profesional y de Centros de Educación General Básica) constituyen la base para los primeros equipos pedagógicos del Proyecto Atenea.

El Proyecto se aplica a las 11 comunidades autónomas que dependen del Ministerio de Educación y Ciencia en 1985; quedan fuera del

ámbito de actuación las 6 comunidades autónomas con plenas competencias en educación, los centros concertados y privados y aquellos centros en los que las necesidades informáticas son cubiertas por otros planes. El Proyecto actúa sobre los centros públicos de los niveles anteriores a la Universidad.

El Proyecto cuenta en un principio con presupuestos de las dos Direcciones Generales de Educación General Básica y Enseñanzas Medias. Se crea una Comisión de Seguimiento y Coordinación para llevar a cabo dicho proyecto.

Objetivos

El propósito general del Proyecto es la introducción gradual y sistemática de los ordenadores en los centros de EGB y Enseñanzas Medias en un contexto innovador y experimental. Los objetivos se refieren básicamente a la integración curricular de los ordenadores (Proyecto Atenea. Informe de Evaluación. OCDE, 1991):

1. Reflexionar sobre los currículos de las distintas asignaturas y analizarlos desde la perspectiva de las nuevas tecnologías.
2. Desarrollar materiales didácticos para experimentar las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza y aprendizaje.
3. Usar las nuevas tecnologías de la información como recursos para mejorar la calidad de la enseñanza (distintas áreas del conocimiento y aspectos interdisciplinarios).
4. Introducir en el currículo nuevos temas que respondan a las capacidades, destrezas y conocimientos exigidos por una educación adaptada a las nuevas necesidades de información en la sociedad.
5. Potenciar el uso de los ordenadores para la creación de nuevos contextos autónomos de aprendizaje individual y grupal.
6. Explorar la utilidad de las nuevas tecnologías para la educación de alumnos con necesidades especiales.

Realización

Se pueden distinguir 4 fases en la realización del Proyecto Atenea desde su creación: la puesta en marcha, la primera etapa, la segunda etapa y la fase de extensión.

A. La puesta en marcha del Proyecto (1985-1986)

Es un período que se caracteriza por la definición de los parámetros del proyecto desde el punto de vista educativo, estructural, administrativo y presupuestario.

En este período se elabora la primera convocatoria para la adscripción de Centros Escolares Experimentales. Destaca el hecho de que

los centros que se integran en el Proyecto lo hacen de forma voluntaria; un equipo de profesores del centro constituido libremente se hace cargo de las actuaciones ligadas al Proyecto. En la selección se da prioridad a los centros cuyos equipos estén formados por profesores que hayan participado anteriormente en proyectos de innovación educativa. Se crea la figura del coordinador del equipo pedagógico en cada centro experimental.

El equipo se instala progresivamente en los centros escolares participantes (en una proporción de 5 microordenadores y una impresora por centro que habría de ampliarse hasta 10 microordenadores a finales de 1989). Criterios de calidad conducen a la elección del equipamiento. Se concede mucha importancia al mantenimiento de los aparatos así como en proporcionar el mismo «hardware» en todos los centros para garantizar una completa compatibilidad. Los ordenadores se instalan en un aula especializada (sala de ordenadores) donde los alumnos trabajan durante una o dos horas lectivas. En esta primera fase se seleccionan una serie de programas entre los que destacan los lenguajes LOGO, BASIC, PASCAL y el lenguaje de autor PILOT.

B. Primera etapa de desarrollo (1986-1989)

Las principales líneas de acción del Proyecto en esta etapa son: el desarrollo de programas y materiales, ampliación de los equipos informáticos, creación de infraestructuras materiales y humanas que faciliten la creación de nuevos materiales, la formación continua y la reflexión pedagógica y didáctica, analizar las repercusiones que tiene la integración de las tecnologías en el currículum.

Se realizan nuevos concursos para la selección de nuevos centros educativos para que se incorporen en el Proyecto. Se institucionaliza la figura de coordinador de equipo pedagógico estableciendo con claridad sus funciones y atribuyéndole una reducción en su horario lectivo. Se amplía la dotación de los centros escolares ya incorporados enviando un segundo lote de equipo constituido por otros cinco ordenadores y otra impresora.

Se potencia la elaboración de «software educativo» (a través de convocatorias de selección de programas en las que participan tanto empresas como los propios profesores). Desde 1988 se realiza anualmente un concurso nacional de «software» educativo en colaboración con el Centro de Investigación, Documentación y Evaluación Educativa. Los programas premiados se editan y distribuyen entre los centros del Proyecto.

C. Segunda etapa de desarrollo (1989-90)

Se potencia (mediante premios y concursos) la experimentación en los modos de integración de las nuevas tecnologías en los centros que

participan en el Proyecto, valorando en especial la elaboración de proyectos curriculares de centro realizados en el marco del nuevo diseño curricular de la Reforma.

Se crea la base documental EXPER con el objetivo de intercambiar información de las experiencias realizadas. Se sigue desarrollando y distribuyendo «software» educativo. La última lista enviada a los centros participantes comprende un total de 63 programas (43 de los cuales han sido producidos o adaptados por el sector privado español a petición del Proyecto). Dichos programas ofrecen ejercicios, actividades tutoriales y simulaciones en diferentes áreas del currículum.

Se diseñan también diversos planes específicos como el que atiende a los alumnos con necesidades especiales, o el que aborda la introducción de las nuevas tecnologías en las escuelas de enseñanzas artísticas.

D. Fase de extensión (1990-92)

En esta fase se pretende avanzar en la implantación de experiencias en el uso del ordenador en las distintas áreas curriculares. El número de centros incorporados en el Proyecto aumenta (hasta esta fase se ha alcanzado el 15% de los centros educativos que dependen del MEC), lo que conduce a una descentralización de las responsabilidades asumidas hasta aquí por los servicios centrales; se crea la figura de «coordinador provincial del Proyecto». Se modifica también la figura de coordinador del equipo pedagógico, creándose la figura de «responsable de medios informáticos». Su misión es coordinar la tarea de los equipos que desarrollan proyectos en el centro, dinamizando la introducción de las nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Para lograr estos objetivos se concibe una formación específica destinada a estos profesores.

La última etapa que se empieza a diseñar ahora es la fase de generalización. En ella se persiguen tres fines: hacer llegar los logros alcanzados a lo largo del proceso a todos los centros que se determine, proporcionar un apoyo actualizado y permanente a los centros enmarcados en la nueva ley y proporcionar soporte para la creación, desarrollo y evaluación de aplicaciones educativas de las nuevas tecnologías.

Formación del profesorado

Junto al desarrollo y difusión del equipamiento y del «software», una buena formación del profesorado para que adquiriera conocimientos, destrezas y confianza en la utilización de la tecnología en su área es indispensable para lograr una integración eficaz de los ordenadores en el currículum. El Proyecto Atenea, consciente de este reto dedica alrededor del 30% de su presupuesto total a la formación de formadores (monitores) y a la formación de profesores.

El modelo de formación persigue ciertas metas de carácter general:

- Dotar al profesorado de instrumentos teóricos y operativos para analizar los medios informáticos
- Capacitarlo para justificar por qué usar los medios tecnológicos, para qué hacerlo y cómo llevarlo a cabo
- Desarrollar en el profesor capacidades para la observación, el análisis y la crítica de las experiencias didácticas con ordenadores
- Capacitar al profesor para reflexionar sobre su práctica y para evaluar el uso de los medios tecnológicos en la práctica educativa.

La puesta en marcha del proyecto Atenea coincide con la creación de los primeros Centros de Profesores (CEP), centros de perfeccionamiento didáctico y pedagógico. La formación del profesorado participante en los equipos pedagógicos del Proyecto se basa en estos CEP. Para ello se dotan todos los centros con el mismo equipamiento y «software» que el destinado a los centros seleccionados. Para realizar la formación de profesores en los CEP se crea la figura de «profesor-monitor»: un profesor de EGB o de Enseñanzas Medias dedicado a tiempo completo y adscrito al centro de profesores.

En 1985 comienza la formación de monitores que comprende aspectos técnicos, didácticos y los relativos a la formación de profesores (unas 500 horas). Durante la fase experimental (1985-1990) se forman 133 monitores. En 1989 se modifica la figura del monitor en cada centro de profesores convirtiéndola en un «asesor de formación en medios informáticos».

En 1986 comienza la formación de los profesores de los equipos pedagógicos realizada bajo la dirección de los monitores (unas 60 horas de formación). Al terminar la fase inicial de formación los profesores de cada equipo elaboran con el monitor su plan de trabajo y de experimentación en el centro escolar. Durante la fase experimental se forman 11.866 profesores.

Evaluación

El Proyecto Atenea incorpora dos modos de evaluación de sus actividades: uno interno, constituido por los informes de los centros sobre la consecución de los objetivos acordados y otro externo realizado por un equipo de la Universidad de Murcia.

La evaluación interna es realizada por los profesores participantes en el Proyecto gracias a una hoja de evaluación estandarizada en la que constan los objetivos al iniciar el curso y el resultado de las experiencias y la naturaleza del trabajo en el aula al finalizar el curso. Un

resumen de los datos descritos por estos informes es introducido en la base de datos EXPER para que pueda ser consultado por los otros profesores.

La evaluación externa es llevada a cabo por un equipo externo de un departamento universitario (Universidad de Murcia) que no participa directamente en las actividades de los centros. Basándose en las respuestas a cuestionarios realizados en el curso escolar 1987-88, se presenta un informe sobre la fase exploratoria en abril de 1989. (Informe de progreso. Fase exploratoria. Proyecto Atenea, 1989). Algunas de sus conclusiones más relevantes son:

- Desarrollo de actitudes cada vez más positivas hacia la utilización de los ordenadores por parte de profesores y alumnos
- Creciente intercambio de información entre los miembros de los equipos pedagógicos
- Calidad creciente del «software» y de sus aplicaciones
- Escasez de pruebas sobre el aprovechamiento del alumnado. Los profesores tienden a evaluar las experiencias de los alumnos en términos de motivación (que suele ser positiva), pero no de actitud cognitiva
- Limitaciones en el grado de integración curricular (nivel de suminsitro de software, amplitud de lazos entre monitores y otros asesores, necesidad de actualizar y ampliar la formación para los monitores y para los profesores de los CEP).

Estas conclusiones coinciden, a grandes rasgos, con las elaboradas por un equipo de evaluadores de la OCDE (Proyecto Atenea. Informe de evaluación. OCDE, 1991).

II. Programa de Informática Educativa de la Generalitat de Catalunya

El PIE (Programa de Informática Educativa) es a la vez un conjunto de acciones que persigue la difusión e implantación de la informática en el mundo educativo y a la vez el organismo (que forma parte del Departament d'Ensenyament de la Generalitat) encargado de dirigir y coordinar estas acciones.

El PIE como institución nace en 1986 para llevar a cabo un programa de actuación que contribuya al plan de modernización de la enseñanza elaborado por la Generalitat (Decreto 31/1986 del 30 de enero publicado en el DOGC del 12 de marzo). El PIE proporciona servicios informáticos al sistema educativo y potencia la acción docente, la formación permanente del profesorado, la búsqueda de nuevas aplicaciones y el acceso del alumnado a las nuevas tecnologías. La estructura organizativa del PIE se compone de un director que dirige

dos secciones: el Gabinete de informática educativa y el Centro de desarrollo y homologación de recursos. El primero se compone de tres áreas de actividad. El «área de experiencias» lleva a cabo proyectos relativos a la incorporación curricular de las nuevas tecnologías en los planes de estudio. El «área de formación» se encarga de organizar y coordinar aquellas actividades que están relacionadas con la formación del profesorado. El «área de relación» tiene como objetivo la difusión de las informaciones relativas a las experiencias de informática educativa así como la creación y promoción de técnicas documentales y bases de datos.

El Gabinete de desarrollo y homologación de recursos posee también tres áreas de actuación. En la primera, «Equipamientos», se vela a la supervisión, instalación y mantenimiento de los equipos de informática destinados a los centros educativos. La segunda área de actividades, «Homologación y desarrollo» define las características que han de tener los equipos informáticos («hardware») y los programas («software») para conseguir los fines educativos propuestos. Una de las actividades centrales es el desarrollo de «software» educativo. Por último, la «Red telemática» se encarga de mantener y potenciar la Red Telemática Educativa de Catalunya.

Objetivos y metodología

El objetivo central perseguido por las actividades del PIE es la de proporcionar recursos informáticos a los centros de enseñanza de la Generalitat lo que supone potenciar la investigación en el campo de las aplicaciones educativas de la informática así como garantizar una formación adecuada del profesorado. De manera más precisa, las actividades del PIE persiguen los objetivos siguientes.

1. Contribuir a la mejora del proceso de aprendizaje y favorecer el desarrollo de la capacidad de plantear y resolver problemas.
2. Promover el uso del ordenador como recurso didáctico y como medio de renovación de la metodología educativa.
3. Hacer posible la utilización del ordenador como instrumento de gestión académica de los centros educativos.
4. Potenciar la integración de la informática en los currículos de los planes de formación
5. Coordinar las experiencias de informática educativa que se realicen en los centros educativos de la Generalitat.

La metodología empleada en las experiencias informáticas propuestas a los alumnos sigue ciertas orientaciones que señalamos a continuación.

- (a) Se potencia el trabajo de grupo, un trabajo eminentemente práctico con la ayuda de materiales adaptados. Se utiliza la tecnología

informática como estímulo para salir fuera del aula para realizar investigaciones significativas para el alumno y favorecer el análisis de la realidad social y técnica.

- (b) Se utilizan los programas informáticos como instrumentos de aprendizaje para realizar tareas de carácter funcional más que programas que tutoricen al alumno en contenidos académicos.
- (c) Se proponen actividades que faciliten la integración del instrumento informático en el conjunto de recursos didácticos.
- (d) Ubicación del material informático en un aula de uso general, abierta a los diferentes grupos de usuarios: asignaturas de informática y uso curricular diverso

Realización

Desde 1986 el PIE ofrece servicios a los 473 Centros públicos de Enseñanza Secundaria (BUP y FP) dependientes del Departament D'Ensenyament de la Generalitat, así como a los 82 Centros de recursos pedagógicos, las escuelas oficiales de idioma (4) y las escuelas de artes y oficios. En cuanto a las escuelas de EGB, hasta el curso 1990-91 se han prestado servicios y dotaciones a las escuelas anexas a las Escuelas de profesorado de EGB, a los centros experimentales de régimen especial, a las escuelas experimentales del primer ciclo de la reforma de la Enseñanza Secundaria y a los campos de aprendizaje. Durante el curso 1990-91 han participado también 160 escuelas de EGB, los centros de educación especial (26) y las zonas escolares rurales (32). El resto de los centros se integrarán en los cursos próximos.

La implantación de los recursos informáticos («hardware» y «software») ha sido progresiva desde 1986. Se ha perseguido un crecimiento armónico del número de equipos instalados intentando la máxima operatividad. La mayoría de centros tienen entre 5 y 15 ordenadores. En los Centros de Enseñanza Secundaria la proporción ordenadores/profesores es de 1/4 y la de ordenadores/alumnos de 1/58.

La distribución de «software» se realizó en dos fases. La primera corresponde a un conjunto de 15 aplicaciones distribuidas en el año 1987. La segunda fase, realizada en 1988, la constituyen 50 programas educativos.

El «software» distribuido ha sido variado. Se compone de:

- programas «instrumento» que facilitan la aplicación de los ordenadores a cuestiones muy diversas desde la corrección ortográfica de textos hasta la ejecución musical o las comunicaciones telemáticas.

- «software» general y profesional compuesto por programas utilitarios muy extendidos en las aplicaciones laborales (lenguajes de programación, sistemas operativos, programas de dibujo, programas estadísticos, tratamiento de texto, hoja de cálculo, etc.)
- programas de carácter curricular (algunos de ellos elaborados por el PIE) entre los que destacan 26 programas de matemáticas, 11 programas de inglés, 6 programas de ciencias naturales, 6 programas de geografía e historia, 4 programas de lengua y 4 programas de física.

Las tareas de distribución y coordinación de servicios informáticos va acompañada por otras actividades que contribuyen a garantizar una utilización adecuada del medio informático. La principal, que describiremos en el apartado siguiente, es la de formación del profesorado. Señalemos otras actividades como la creación de un coordinador de informática en los centros de Enseñanza Secundaria, el seguimiento de diversas aplicaciones curriculares de la informática en determinados centros (dibujo asistido por ordenador, edición musical, telemática y didáctica de la lengua inglesa), o la potenciación de actividades educativas basadas en la Red Telemática Educativa de Cataluña (juegos, teledebates).

Formación

Uno de los puntos esenciales del PIE es la formación y reciclaje continuo de los profesores con el fin de garantizar una buena integración de las nuevas tecnologías en la práctica educativa. La formación se entiende como una actividad voluntaria de información, de experimentación y de participación. Los objetivos esenciales de los cursos de formación son:

- Familiarizar al profesor con los recursos informáticos y con su aplicación curricular.
- Divulgar los programas y recursos apropiados a los diferentes niveles, materias y actividades del aula.
- Favorecer la iniciativa y la autonomía de los profesores en el uso y el desarrollo de las aplicaciones informáticas.

Con tal de conseguir una efectividad máxima de los cursos de formación se siguen ciertos criterios en su diseño y organización entre los que destacan: una conexión con las experiencias y los proyectos curriculares, perturbación mínima de las actividades docentes, uso de los medios telemáticos, descentralización geográfica y gratuidad.

Las actividades de formación pueden adoptar modalidades diferentes (cursos de formadores, cursos extensivos, cursos a distancia y cursos específicos) que presentamos brevemente a continuación.

1. Cursos de formadores

Se trata de formar una serie de formadores preparándolos en temas de informática general, aplicaciones y utilidades sin olvidar aspectos pedagógicos, metodológicos y organizativos. Las actividades de formación se articulan en cursos intensivos (de 120 o de 200 horas) y en seminarios específicos (de 8 a 50 horas). El número de formadores alcanzado en el curso 1990-91 es de 162 profesores para el nivel primario y de 205 profesores para el nivel secundario.

2. Cursos extensivos

Consisten en actividades de formación estructuradas temáticamente, de periodicidad semanal, impartidas en diferentes centros de Cataluña. La duración oscila entre las 36 y las 84 horas repartidas en sesiones semanales de tres horas. Desde 1986-87 el número de participantes ha aumentado (era de 900 profesores a finales de 1986 hasta 4002 en el curso 1990-91). Los cursos impartidos comprenden cursos generales e introductorios, cursos de materias didácticas específicas (gestión informatizada, dibujo lineal, informática y matemáticas, informática y lengua, informática y ciencias sociales, etc.) y cursos de instrumentos informáticos (base de datos, hojas de cálculo, lenguaje LOGO, lenguaje PASCAL, telemática, etc.).

3. Cursos de formación a distancia con soporte telemático

Durante el curso 1990-91 se han propuesto dos cursos de informática educativa aprovechando la Red Telemática Educativa de Cataluña. El primero de estos dos cursos se refiere a aplicaciones educativas de la hoja de cálculo y el segundo a la base de tele-documentación denominada SINERA (base de datos que contiene información referencial y original sobre recursos para la enseñanza y el aprendizaje). Ambos cursos se estructuran en 7 módulos de auto-aprendizaje desarrollados secuencialmente. El trabajo de cada módulo tiene una duración aproximada de dos semanas. El PIE proporciona el material necesario para que se puedan seguir dichos cursos, así como un coordinador encargado de la tutoría, el seguimiento y la evaluación de los participantes. Hasta ahora (curso 1990-91), de las 192 solicitudes, han podido ser atendidas 111.

4. Cursos específicos

Son actividades que se dirigen a la formación de determinados profesores que, por sus conocimientos, intereses y especialidades, necesitan una ayuda puntual. La organización y duración de di-

chos cursos depende de las necesidades de los profesores. Algunos de estos profesores participan en actividades de tipo piloto o experimental.

III. Programa de Educación en la Informática del Ayuntamiento de Barcelona

Desde 1985 el Departamento de Informática Educativa del Instituto Municipal de Educación (IME) organiza un programa de educación en la Informática destinado a las escuelas municipales. Éstas comprenden 9 guarderías, 14 escuelas de EGB, 7 Centros de Formación Profesional, 1 Escuela de Artes aplicadas, 1 Conservatorio superior de música y 3 Escuelas de Educación Especial. Como enseguida veremos, se llevan a cabo simultáneamente actividades relacionadas con la introducción del ordenador en la práctica educativa y actividades de formación y asesoramiento para profesores.

Objetivos

Dos son los objetivos básicos del Proyecto.

1. Contribuir a la utilización del ordenador como medio de enseñanza-aprendizaje en sus dos aspectos: educativo e instrumental.

El uso de la informática como medio educativo se refiere a su utilización en el aula como un instrumento que permita a los alumnos elaborar sus propios proyectos, ayudarles a diseñar las estrategias que utilizarán para desarrollarlos, investigar, afrontar el error como un elemento inseparable del aprendizaje; en definitiva, utilizar el ordenador como un instrumento que ayude a la construcción de los conocimientos del alumno. Las actividades con el ordenador (sobre todo las que están ligadas a la programación y al uso de algoritmos) tienen, en este sentido, un carácter formativo.

Por otro lado, el uso de la informática como medio instrumental se refiere al trabajo de tratamiento de todo tipo de información (numérica, gráfica, textual), facilitado por el uso del ordenador (Cabezas, 1991; Libori, 1989).

2. Aprovechar los objetivos y la metodología utilizados en las actividades con informática en todas las materias del currículum.

Este segundo objetivo hace referencia no sólo a la necesidad de introducir la informática en las diferentes materias del currículum como ayuda en los procesos de enseñanza-aprendizaje sino también a la necesidad de utilizar las ventajas y novedades que

aporta la informática en cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje, aunque no utilice el medio informático (Libori, 1989).

Otros objetivos del programa son:

- Ofrecer un servicio permanente de asesoramiento técnico, pedagógico y de documentación a los profesores de los Centros Municipales, servicio que les pueda servir de ayuda para sus programaciones.
- Difundir a los Centros Públicos de la Ciudad la experiencia de los Centros Municipales a través de actuaciones puntuales canalizadas por los C. P. R. de la ciudad.
- Relacionar las actividades informáticas que se desarrollan en las escuelas con las experiencias informáticas que se realizan fuera de la escuela, principalmente en la ciudad de Barcelona y en su entorno metropolitano (*Barcelona i l'informàtica al món educatiu*, 1990).

Realización

La metodología ha sido diferente en el caso del nivel Primario y Secundario.

En el nivel Primario (ciclo 6-12) la experiencia se ha realizado en dos fases. En la fase inicial (que puede durar 1 ó 2 años), un técnico del Instituto Municipal de Educación asiste a la escuela en la que se desarrolla el Proyecto un día a la semana durante todo el curso; trabaja directamente con los alumnos y asesora a los maestros. Las sesiones de trabajo las realiza con todo el grupo de clase. El maestro o los maestros de dicho grupo participan en calidad de observadores. Una vez finalizada la sesión, técnico y maestros se encargan de evaluarla, de preparar la próxima y de señalar las actividades de clase que permitan prolongar algunas de las experiencias realizadas durante la sesión con ordenadores. Uno de los objetivos es que los maestros incorporen las actividades que se realizan en las sesiones de informática en las diferentes asignaturas.

La segunda fase, denominada de consolidación, se caracteriza precisamente por la utilización de la informática en las diferentes materias del currículum. En este caso son los profesores de matemáticas, ciencias, lengua, etc. quienes proponen actividades con ordenador a sus alumnos. Estos trabajos se realizan en la aula de ordenadores del centro, equipada con 7 ordenadores. Cada clase se subdivide en varios subgrupos y cada subgrupo trabaja en un tema distinto. En días sucesivos los subgrupos van rotando para lograr que todos los alumnos

realicen las tareas de cada uno de los temas. Dos alumnos trabajan conjuntamente en un mismo ordenador.

Algunos de los temas que se proponen a los alumnos y que sirven para diseñar las sesiones de trabajo son los siguientes (Libori, 1989).

1. Lógica

Los ejercicios de lógica pretenden que el alumno analice las características de los objetos, elabore criterios de clasificación, utilice la clasificación dicotómica y las estructuras funcionales, comprenda la función de los operadores lógicos.

2. Algorítmica

Se proponen ejercicios y juegos cuya solución requiere la utilización de instrucciones, simples en un principio y progresivamente más complejas y cercanas a las técnicas de programación

3. Codificación

Mediante los juegos de codificación se pretende que el alumno elabore las características que definen un código y que entienda que un lenguaje de programación es un claro ejemplo de código

4. Conocimiento del funcionamiento de la máquina

Se proponen ejercicios para que el alumno comprenda mejor el proceso que tiene lugar en el ordenador cuando éste está en funcionamiento.

5. Utilización de programas standard

La utilización de programas utilitarios (base de datos, hojas de cálculo, tratamiento de texto) permite afianzar el conocimiento del manejo del ordenador y ofrece a los alumnos posibilidades de uso ligadas a las diferentes materias.

La metodología utilizada en estas sesiones de trabajo suele girar en torno a proyectos en los que los alumnos han de resolver diferentes tipos de problemas que requieren el diseño de algoritmos. En cualquier caso, se valora la autonomía del proyecto de los alumnos y su protagonismo a la hora de realizar los diferentes ejercicios.

Todos los temas que acabamos de presentar se trabajan también en clase para lograr una integración entre las tareas informáticas y las no informáticas.

En el nivel Secundario (12-16) la situación es diferente que en el nivel Primario pues una gran parte de los profesores ya posee una sólida formación técnica, y los alumnos tienen un área de estudio específica de tecnología. La labor principal de la Dirección de los Servicios Pedagógicos ha sido en este caso la de garantizar un asesoramiento y una formación continua a los profesores en el área de las nuevas tecnologías (ver el apartado siguiente).

La metodología de las sesiones de trabajo con los alumnos recoge las características principales de la propuesta a nivel Primario (ejercicios en determinados temas, proyectos realizados por los alumnos que trabajan en grupos) con un énfasis cada vez mayor en los contenidos específicos de la informática y en una elección de temas relacionados con el entorno profesional (la ciudad de Barcelona y sus diferentes servicios, el mundo industrial y empresarial).

Formación y asesoramiento de profesores

Uno de los objetivos principales del programa es garantizar una formación a los profesores de las escuelas municipales. Una serie de cursos se vienen organizando en el Instituto Municipal de Educación desde el curso 84-85:

- 2 cursos de introducción de 50 horas
- 4 cursos de perfeccionamiento de 50 horas
- 1 curso de profundización de 50 horas

Desde el curso 85-86 se instaura un servicio de asesoramiento técnico y pedagógico dirigido tanto a los profesores individualmente, como a un equipo de profesores o al centro. Este servicio se encarga también de gestionar las compras de material informático (equipo y programas) de las escuelas de Primaria y de suministrar el material fungible (por ejemplo disquetes) a los centros de Primaria y Secundaria.

Desde este mismo año se crea igualmente un Seminario Permanente de Informática Educativa dirigido a las escuelas Municipales de Formación Profesional. En este seminario participa un representante de cada escuela, escogido por la misma escuela.

Los objetivos principales de este Seminario son el análisis y la discusión de actividades realizadas en las escuelas en las que se potencia el uso de la informática como medio didáctico y de aprendizaje así como de las actividades con contenido específicamente informático (Área Tecnológica). El segundo objetivo es relacionar las actividades del Seminario con el exterior: Programa de Informática Educativa de la Generalitat (PIE), otras escuelas, empresas, servicios metropolitanos, etc.

IV. Introducción de la informática en las escuelas públicas de Ginebra (Suiza), nivel Secundario obligatorio.

Desde el año 1983 el CRPP (Centre de Recherches Psychopédagogiques) de Ginebra pone en marcha un plan de introducción de la

informática en las escuelas públicas Secundarias del Cantón de Ginebra. La enseñanza Secundaria en este cantón comprende dos tramos. El primero está formado por tres niveles (7°, 8° y 9° del llamado «Cycle d'Orientation») correspondientes aproximadamente a edades comprendidas entre 12 y 15 años, niveles obligatorios para todos los estudiantes. El segundo tramo presenta dos opciones de tres años: una formación Secundaria superior o una formación profesional. La experiencia que comentamos se refiere al primer tramo de educación Secundaria (niveles de 7°, 8° y 9°) y concierne a 17 escuelas del Cantón de Ginebra (Fonjallaz, 1984, 1986; Hofmann, De Marcellus, Rey y Vitale, 1987). La experiencia propiamente dicha empieza en 1985, pero viene precedida por 2 años de preparación (formación de profesorado, planificación horaria, preparación de materiales, etc.)

Objetivos

La experiencia de este programa de iniciación a la informática quiere lograr que los alumnos sean capaces de utilizar las nuevas tecnologías en tres aspectos:

- (a) Saber utilizar la informática en tanto que instrumento de resolución de problemas
- (b) Saber utilizar las aplicaciones de la informática en las tareas escolares
- (c) Ser capaces de evaluar, de manera fundamentada, el uso de la informática en la sociedad.

Realización

Cada alumno participa durante 6 meses en un taller de informática a un ritmo de 2 horas por semana aunque se contempla, en la medida de lo posible, la asistencia al taller fuera de las horas de clase. La clase se divide en dos y cada grupo (de aproximadamente 12 alumnos) asiste regularmente al taller de informática. En éste los alumnos trabajan en grupos de dos frente a un ordenador.

El curso es obligatorio para todos los alumnos. Su evaluación es cualitativa.

El curso está organizado en torno a tres módulos.

Módulo 1: Actividades LOGO

Comprende unas 12 lecciones de 2 horas y está destinado al grado de 7° (alumnos de 12 años aproximadamente).

El módulo se articula en torno al lenguaje LOGO. Se proponen a los alumnos una serie de actividades de programación con el objetivo de que elaboren una representación funcional de lo que es un siste-

ma de tratamiento de la información y que puedan también adquirir ciertas destrezas elementales en la utilización de cualquier ordenador. Un segundo objetivo es que trabajen ciertos contenidos relativos a la geometría, álgebra, francés y música.

Las actividades se organizan en tres etapas de complejidad creciente. En la primera el alumno aprende a manejar el ordenador de modo directo: después de familiarizarse con el sistema informático, su puesta en marcha y la documentación disponible, utiliza instrucciones simples del lenguaje LOGO y comprueba lo que hace el ordenador en cada caso. En una segunda etapa, el alumno aprende a escribir procedimientos, ejecutarlos (controlando el resultado y corrigiendo el procedimiento si aparecen errores) y guardarlos; se acostumbra a descomponer un proyecto (el dibujo de una figura geométrica por ejemplo) en varias partes que corresponden a diferentes procedimientos. En la tercera y última etapa, aprende a escribir procedimientos encajados (un procedimiento contiene a su vez otros procedimientos) y a elaborar programas con variables (se indica en un procedimiento la presencia de una o diversas variables que pueden tomar valores distintos según los casos).

Las actividades que se realizan están centradas en los alumnos (éstos determinan la mayoría de veces sus proyectos), pero van enmarcadas en objetivos bastante precisos en cada etapa.

Módulo 2: Aplicaciones de la informática

Comprende 10 clases (de dos horas cada una) y está destinado a los alumnos de 8º grado (alumnos de 13 años aproximadamente).

El objetivo principal de este módulo es aportar los conocimientos que permitan al alumno utilizar en sus tareas escolares alguna de las aplicaciones más importantes de la informática (tratamiento de texto y hoja de cálculo prioritariamente). Se presenta a los alumnos algunos de estos «software» utilitarios y las clases se organizan en torno a actividades prácticas en la que los alumnos pueden manipularlos y darse cuenta de sus ventajas e inconvenientes cuando se utilizan en tareas determinadas (de redacción o cálculo por ejemplo).

Módulo 3: Información, informática y sociedad

Está compuesto por 14 clases (de dos horas cada una) y está destinado a los alumnos del nivel de 9º (alumnos de 14 años aproximadamente).

Su objetivo principal es aportar a los alumnos elementos de información para que puedan reflexionar sobre el impacto de la informática en la vida profesional y social, y puedan también adoptar una actitud más crítica.

El módulo se organiza en torno a encuestas, visitas y trabajos prácticos.

Formación del profesorado

Una de las preocupaciones de este proyecto de implantación de la informática en la escuela es la formación de profesores. Paralelamente a los cursos ofrecidos a los alumnos, se introducen cursos destinados a los profesores con una doble intención. Se intenta, por un lado, crear una infraestructura para que los profesores de la escuela que lo deseen puedan formarse para dar los cursos de iniciación de la informática a los alumnos. Se ofrece, por otro, lado una formación básica para sensibilizar a los profesores acerca de la informática y su utilización en el contexto escolar.

La formación de profesores de informática comprende cuatro cursos anuales sucesivos (de dos horas semanales). En el primer curso se ofrece un panorama de las aplicaciones educativas de la informática; es un curso común destinado a todos los profesores (aquellos que deseen continuar su formación para dar cursos de iniciación a la informática y aquellos que deseen adquirir tan sólo una formación de base). El segundo curso está destinado a preparar a los profesores para la enseñanza de la informática a los alumnos. El curso tercero y cuarto combina la enseñanza de la informática a algunos grupos de alumnos y la continuación de la formación. Los profesores que enseñan la iniciación a la informática continúan dando en paralelo sus clases correspondientes.

La formación de base (que corresponde al primer curso que acabamos de comentar) está destinada a todos aquellos profesores que deseen adquirir conocimientos y destrezas que les pueden ayudar a utilizar la informática en su práctica educativa. Esta formación se compone de tres contenidos: destrezas mínimas para la utilización de un ordenador, ejemplos de aplicación de la informática en diversos ámbitos profesionales e iniciación a la utilización de la informática en un doble aspecto, a la vez como ayuda para el trabajo personal del profesor y como medio didáctico.

Evaluación

Una primera evaluación de esta experiencia (a través de un cuestionario destinado a los profesores y de observaciones del trabajo de los alumnos) arroja, según los responsables, resultados positivos. Hemos escogido los que nos parecen más significativos (Fonjallaz, 1986).

- Al contrario de lo que se podía imaginar, la introducción de la informática no ha provocado una disminución de los contactos humanos sino que ha originado una mayor interacción comu-

nicativa (comentarios sobre las nuevas tecnologías, discusión sobre las experiencias realizadas, intercambio de material, etc.).

- No se ha constatado ninguna queja (de los alumnos o de los padres) acerca de los efectos negativos que hubiese podido acarrear un trabajo ante la pantalla (fatiga, problemas de vista, dolores de cabeza). Ésta era una de las preocupaciones de padres y profesores antes del comienzo de la experiencia.
- Según los profesores, el objetivo más difícil de alcanzar mediante estos cursos ha sido el de saber utilizar la informática como instrumento para resolver problemas y el de poder apreciar las consecuencias de la utilización de la informática en la sociedad. Sin embargo, la mayoría de profesores cree que los alumnos han podido desmitificar las capacidades de los ordenadores, punto de partida para una utilización racional y crítica.
- Uno de los cambios más importantes provocados por la introducción del ordenador en la práctica educativa es la modificación de la relación pedagógica. La tendencia es pasar de una relación binaria (profesor-alumno) a una relación ternaria (profesor-alumno-ordenador). Este paso de un tipo de relación a otra modifica a la vez el trabajo de los alumnos y el del profesor. Los alumnos, debido al carácter interactivo del ordenador, están mucho más concentrados en los resultados de sus acciones que en las evaluaciones del profesor. Éste, puede adoptar un papel más cercano a la animación y ayuda que a la transmisión de conocimientos. Algunas de estas tareas de animación son: ayudar a los alumnos a explicitar sus objetivos, motivarlos en fases de desaliento, enseñarles a crear y a utilizar material de consulta y materiales que pueden ser útiles para sus tareas escolares.

GLOSARIO

Barrido (sistema de)

Técnica empleada por algunos programas que consiste en señalar sucesivamente y de manera ordenada una serie de opciones que aparecen en la pantalla; el usuario tiene tan sólo que apretar un interruptor cuando se señala la opción que desea seleccionar. Esta técnica facilita enormemente el acceso al ordenador pues tan sólo se necesita un movimiento voluntario sencillo para seleccionar la función deseada.

Base de datos

Programas que sirven para el almacenamiento, control y gestión de la información. Se componen de uno o varios ficheros de tarjetas. Las tarjetas de un mismo archivo se componen de una estructura: definición de varios espacios (denominados «campos») en los que introducimos las informaciones para cada tarjeta.

Las bases de datos (creadas por nosotros mismos o diseñadas por un especialista para usos diversos) permiten un acceso selectivo y ordenado a la información que contienen. Pensemos, por ejemplo, en el acceso a una base de datos que recoge los libros de la biblioteca y que nos permite acceder a los ejemplares indicando el nombre del autor, o indicando alguna palabra clave, indicando el año de aparición, etc. y que nos permite también combinar algunas de estas informaciones para obtener una gama de libros definida (los de tal autor aparecidos a partir de tal año y publicados en castellano, por ejemplo).

BASIC («Beginners all purpose symbolic instructional code»)

Uno de los primeros lenguajes de programación de «alto nivel» (cuyo código se acerca más al lenguaje natural y se aleja por tanto del

lenguaje de la máquina) adaptado a microordenadores y utilizado en la escuela. Fue concebido en un principio (a comienzo de la década de los años 60 por Kemeny y Kurts en Darmouth College) para realizar cálculos y se fue transformando en el lenguaje más utilizado para enseñar la programación a estudiantes de ciencias de nivel universitario, sustituyendo así a otros lenguajes más complejos.

Se compone de un reducido vocabulario; las instrucciones que forman los programas están constituidas por líneas numeradas. A diferencia de otros lenguajes procedimentales (como LOGO), BASIC no permite descomponer un programa en subprogramas más sencillos que se articulan y que pueden llamarse unos a otros.

«Bug», «Debugging»

Se denomina de esta forma los errores que surgen en la programación y la actividad correspondiente de detección y corrección.

Correo electrónico

Posibilidad de enviar mensajes escritos desde un terminal a cualquier persona que tenga otro terminal conectado a la red. El receptor recibe inmediatamente el mensaje y en caso de que su terminal esté desconectado se almacena hasta que sea consultado en lo que se suele denominar el «buzón electrónico».

EAO (Enseñanza asistida por ordenadores)

Sistema de utilización de los ordenadores basado en programas previamente elaborados cuyo objetivo principal es la transmisión de información. Esta transmisión es controlada por el ordenador que refuerza positivamente o negativamente las respuestas del alumno.

Los EAO más difundidos son los llamados de ejercitación y práctica («drill and practice») que proponen al alumno una serie de ejercicios progresivos sobre un tema bien delimitado para lograr la memorización de conocimientos o la automatización de destrezas básicas.

La elaboración de los EAO de ejercitación y práctica se basa en los postulados conductistas (repetición, asociación, reforzamiento).

«Hardware»

Dispositivo mecánico cuyos componentes básicos (en la mayoría de ordenadores denominados «digitales») son circuitos eléctricos que pueden estar abiertos o cerrados. Este dispositivo mecánico es el que ejecuta ciertas operaciones cuando recibe las instrucciones apropiadas.

Hipermedia (entornos)

Se suelen denominar así los entornos informáticos capaces de inte-

grar en un mismo dispositivo el almacenamiento y el acceso a diferentes tipos de información (imágenes, películas, sonidos, texto). Estas informaciones se hallan organizadas en bases de datos de acceso cada vez más fácil e interactivo.

Hoja de cálculo (u hoja electrónica)

Aplicación cada vez más extendida que consiste básicamente en una hoja llena de casillas en las que se puede introducir información diversa: números, texto o funciones. Estas funciones pueden relacionar entre sí los valores de las diferentes casillas. Una vez establecida una función entre varias informaciones (por ejemplo sumar una serie de casillas), el cambio de un dato parcial hace que la máquina vuelva a calcular el total, evitándonos así las correcciones. Diferentes operaciones básicas (suma, resta, multiplicación, división, potencia, raíz cuadrada, etc.) pueden aplicarse a los datos numéricos y se pueden también programar funciones nuevas (media aritmética, desviación estándar, etc.).

Con las hojas de cálculo se agiliza la memorización y organización de datos numéricos y es posible también diseñar diferentes situaciones de cálculo que nos permiten explorar las consecuencias que tienen ciertas modificaciones de datos en el cálculo total (pensemos por ejemplo en un seguimiento del balance de ingresos y gastos, o en cálculos estadísticos aplicados a datos complejos).

IEAO (Sistemas inteligentes de Enseñanza asistida por ordenadores)

Sistemas de utilización educativa de los ordenadores con objetivo similar a los EAO clásicos (transmisión de conocimientos), pero que ofrecen una interacción entre el alumno y el ordenador más rica y variada. Los programas contienen una base de conocimientos específicos y unas reglas que les permiten diagnosticar el tipo de errores que cometen los alumnos en relación con la actuación de un experto, lo que favorece una información más adaptada a los errores. Estos programas pretenden constituir una guía inteligente al alumno que está aprendiendo, de la misma manera que el profesor guía al alumno en sus aprendizajes.

El desarrollo de los IEAO sigue los avances de los estudios que, desde el procesamiento de la información y la Inteligencia Artificial, intentan modelizar con más detalle el funcionamiento cognitivo de los sujetos cuando aprenden o resuelven problemas.

Inteligencia Artificial

Disciplina cuyo objetivo es la elaboración de programas informáticos que hagan ejecutar al ordenador conductas (resolución de pro-

blemas, memorización, percepción, diagnóstico médico, comprensión el lenguaje, etc.) que si hubiesen sido realizadas por los hombres hubiesen sido consideradas como inteligentes. Para la Inteligencia Artificial la programación informática (encontrar una serie de instrucciones precisas que permitan al ordenador ejecutar una conducta inteligente) es un medio para estudiar el comportamiento humano.

Lápiz óptico

Dispositivo en forma de lápiz conectado al ordenador que permite interactuar con este último directamente, a través del contacto con la pantalla. Esto permite al usuario escoger opciones que aparecen inscritas en la pantalla directamente, sin pasar por el teclado o por la presión del «ratón».

Lenguajes de programación

Sistema de símbolos y reglas que regulan la escritura de instrucciones (programas) que son comprendidas por los ordenadores. Existen diferentes lenguajes de programación que difieren por su nivel de elaboración: desde el «lenguaje máquina» que utiliza un código binario para componer los diferentes símbolos —listas ordenadas de «0» y «1»— para comunicar las diferentes instrucciones hasta otros lenguajes de programación dotados de una sintaxis y una notación simbólica más próximas a nuestro lenguaje. Algunos de los lenguajes de programación más conocidos son: BASIC, PASCAL, LISP, LOGO, PROLOG. Aunque cada lenguaje tenga su notación simbólica particular y sus reglas (sintaxis) y aunque algunos sean más funcionales que otros para determinados objetivos, no hay que olvidar que un mismo resultado de la máquina puede ser obtenido a través de diferentes programas escritos con lenguajes distintos.

Lenguajes de autor

Son lenguajes de programación simplificados para que el usuario (por ejemplo el enseñante) pueda diseñar sus propias aplicaciones didácticas, en general de tipo tutorial. Desgraciadamente estos programas suelen permanecer difíciles de utilizar para personas no especialistas en la programación lo que ha limitado su difusión. Entre estos lenguajes destacan el TUTOR y el PILOT.

LISP («List processor»)

Lenguaje desarrollado en la década de los años 60 por Mc Carthy y sus alumnos (Instituto de Tecnología de Massachusetts). Es uno de los lenguajes (junto al PROLOG) más utilizados para diseñar programas que simulan aspectos inteligentes del comportamiento (Inteligencia Artificial).

Básicamente consiste en la manipulación de «listas» (que son un conjunto ordenado de símbolos) mediante funciones diversas. Algunas de estas funciones son: identificar el primer elemento de una lista, volver a escribir la lista salvo el último signo, efectuar diferentes cálculos sobre informaciones numéricas, funciones que corresponden a operaciones lógicas (conjunción, disyunción, negación).

Una de las características centrales de LISP es la facilidad de descomponer un programa en programas más sencillos y así ir construyendo piezas cada vez más complejas y articuladas. Otra de las características centrales es la posibilidad de definir y nombrar funciones y programas nuevos que pueden ser llamados (para que el ordenador los ejecute) en cualquier momento. Se consigue de esta manera introducir en el interior de un programa que se está definiendo una llamada al programa mismo.

Es, como LOGO y PASCAL, un lenguaje procedimental y estructurado.

LOGO

Lenguaje de programación creado en 1968 por Papert y sus colegas del Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge. Es un lenguaje inspirado del lenguaje LISP que ofrece la posibilidad de trabajar en tres áreas diferentes: gráficos (el Micromundo más popular, denominado Micromundo de la Tortuga), números (posibilidad de operar y trabajar con números) y listas (posibilidad de operar con cadenas estructuradas de símbolos denominadas «listas»).

A pesar de las facilidades de su utilización (característica que hace que sea uno de los lenguajes más empleados en el campo educativo) LOGO permite una programación de alto nivel lo que permite ser adaptado a alumnos de diferentes edades.

Las características más importantes del lenguaje LOGO son las siguientes:

- la programación se organiza en torno a la definición de «procedimientos: (lista ordenada de instrucciones que permite llegar a determinado objetivo; por esto se dice que LOGO es un lenguaje «procedimental»
- cada procedimiento puede designarse por un nombre, factor que facilita la utilización, combinación e integración de varios procedimientos
- se pueden estructurar las instrucciones de modo jerárquico, ya sea al interior de un mismo procedimiento (una lista puede contener a su vez otras listas que a su vez pueden contener otras listas, etc.) o entre procedimientos (un procedimiento puede contener otros procedimientos que a su vez contienen otros procedimientos, etc.)

- es un lenguaje que permite la recursividad (que un procedimiento contenga en su definición el mismo procedimiento) lo que origina posibilidades interesantes, pero muchas veces complejas de escribir programas que se ejecutan mediante bucles (las instrucciones del mismo procedimiento se vuelven a repetir, a veces de manera idéntica, a veces con ciertas modificaciones)
- posee algunos mensajes de errores que informan al usuario del tipo de error sintáctico que ha cometido

Mesita sensible

Periférico de comunicación que facilita el acceso al ordenador y que se suele utilizar como alternativa al teclado clásico para usuarios de baja edad o para usuarios con necesidades educativas especiales. Es una superficie cuadrada (de unos 32 centímetros de lado) que reconoce la posición que acaba de ser presionada. Permite definir una serie de funciones (controlar menú de programas, escribir ciertos símbolos, controlar movimientos en la pantalla, dar instrucciones en un lenguaje de programación, etc.) que se hacen corresponder con los diferentes puntos sensibles. Una vez definidas estas funciones se utiliza una hoja de las mismas dimensiones que la mesita sensible en la que figuran simbolizadas las diferentes funciones: el usuario puede controlar el ordenador apretando sobre ellas.

Micromundo

En el ámbito informático, y desde que Papert (1981) utilizase este término, «Micromundo» se refiere a un «objeto» informático ideado para ofrecer al alumno un terreno de experiencia y exploración en un ámbito determinado. Los Micromundos pueden variar en complejidad y generalidad. El Micromundo de la Tortuga está constituido, por ejemplo, por un dispositivo luminoso que puede trasladarse y dejar trazos en la pantalla cuando se comunican al ordenador una serie de instrucciones del lenguaje de programación LOGO; la Dinamo-tortuga es otro Micromundo en el que el dispositivo luminoso puede ser accionado por instrucciones simples, pero en este caso el movimiento de la tortuga viene regido por las leyes de Newton; se pueden concebir pues múltiples Micromundos que faciliten la exploración de los alumnos de determinadas leyes, conceptos o reglas matemáticas, físicas, musicales, etc.

Micromundo de la tortuga

Una de las aplicaciones más utilizadas cuando se programa con LOGO. Consiste en un cursor luminoso (la Tortuga) que puede ser guiado por una pantalla mediante algunas instrucciones del lenguaje

LOGO. Al moverse, la Tortuga puede dejar un trazo, lo que permite realizar dibujos muy variados. Estas instrucciones (Adelante, Atrás, Derecha, Izquierda, etc.) pueden combinarse para formar procedimientos que ejecutan proyectos gráficos muy variados según la intención del programador: cuadrados, círculos, espirales, escaleras, casas, personajes, árboles, etc. Las dimensiones de los desplazamientos y de los giros se obtienen introduciendo valores numéricos que indican el número de pasos avanzados por la Tortuga (Adelante 100 ejecuta una traslación de 100 pasos) o el valor del ángulo girado por la Tortuga (Derecha 90 hace pivotar la Tortuga de 90° hacia la derecha).

Modo directo (en la programación con LOGO)

Se denomina así la interacción con el ordenador basada en la utilización de instrucciones aisladas del lenguaje LOGO. El sujeto controla el efecto de cada instrucción (por ejemplo dándose cuenta del movimiento de la Tortuga) y su manera de actuar es pues paso a paso. Es la manera más intuitiva y fácil de abordar la programación con LOGO.

En una segunda etapa, los sujetos pueden combinar varias instrucciones (que forman en general un procedimiento) y controlar su efecto para el conjunto de las instrucciones. Esto tiene la gran ventaja de poder utilizar este conjunto de instrucciones (que forman una unidad) en proyectos ulteriores. A diferencia del modo directo, esta manera de programar exige mayor planificación y una anticipación de resultados más compleja (en vez de una instrucción tienen que prever el resultado de varias instrucciones y han de prever también los efectos de su combinación)

Pantalla táctil

Dispositivo de entrada que consiste en una especie de filtro colocado delante de la pantalla del monitor. Al tocar con el dedo las diferentes zonas de la pantalla se ejercen diversas funciones como si se utilizase el «ratón».

PASCAL

Creado por Wirth (Instituto Politécnico Federal de Zurich), PASCAL es un lenguaje de programación procedimental (los programas se basan en una serie de instrucciones que describen a la máquina lo que ha de hacer) y estructurado (un programa se va construyendo por bloques o partes integradas) utilizado en un principio para enseñar la programación. Cuando se programa en PASCAL se ha de analizar de antemano el objetivo que se persigue y sus soluciones; se han de definir de antemano las variables necesarias para la resolución del programa.

PILOT

Este lenguaje de autor tenía originalmente una gran capacidad interactiva y era de fácil manejo, pero desde su creación (en 1969 por J. A. Starkweather y sus colegas en la Universidad de California) diferentes versiones han aumentado su potencia pero han hecho también que su uso se tornase más complejo. El PILOT, como el TUTOR, está destinado a crear programas de tipo tutorial. Dispone de una serie de comandos que permiten al profesor introducir información, esperar la respuesta del alumno, compararla con la establecida por el autor como correcta y enviar mensajes de corrección.

PROLOG (Programming language for logic)

Creado en la década de los años 70 por Colmeraver y Roussel (Universidad de Marsella) es un lenguaje, como el LISP, utilizado en inteligencia artificial, pero que a diferencia de este último es de tipo declarativo: no se compone de órdenes sino que describe relaciones entre elementos. Es un lenguaje creado para la comprensión automatizada de teoremas y para representar diferentes procesos (de razonamiento, de lenguaje) así como para diseñar diferentes bases de datos.

PROLOG posee una estructura muy simple. Un programa está constituido por una serie de cláusulas que o bien reflejan hechos o relaciones declaradas por el usuario o bien representan reglas que al aplicarse permiten deducir hechos o conocimientos. Por esto, la resolución de un problema escrito en PROLOG está más cercana al análisis del problema tal y como lo concibe el programador que al funcionamiento de la máquina.

«Ratón»

Dispositivo periférico conectado al ordenador que permite desplazar el cursor gráfico que aparece en la pantalla (desplazando el «ratón» sobre la mesa) , y seleccionar así (apretando el «ratón») diferentes opciones de los programas.

Simulación (programas de)

Es el término genérico que se aplica al hecho de modelizar situaciones o fenómenos determinados. Simular se refiere pues a la creación de un modelo que represente las características y las reglas principales de una situación o de un fenómeno. El modelo permite entonces reproducir de manera simplificada el fenómeno que queremos representar y permite también la actuación del usuario (introducir datos para hacer funcionar el modelo, modificar algunos parámetros para evaluar las consecuencias). Aunque la simulación puede realizarse sin ordenadores (se puede construir una maqueta o un mo-

delo reducido de diferentes aparatos, se puede también crear un modelo de funcionamiento a través de una notación matemática) el medio informático, por su aspecto dinámico, por su carácter interactivo y por la facilidad que tiene de emplear cualquier tipo de notación simbólica (gráfica, matemática, lingüística) ha creado nuevas posibilidades de simulación.

El modelo no ha de corresponder necesariamente a una situación «real». Se puede construir un modelo de una situación ficticia (pensemos, por ejemplo, en los juegos de simulación que intentan representar situaciones que aunque tengan a veces cierta relación con escenas reales son situaciones totalmente inventadas; o pensemos también en la posibilidad de crear un modelo ficticio que nos da la evolución de una cierta población de animales, sometida a ciertas reglas de nacimientos, depredación y muertes). La mayoría de programas de simulación reproducen sin embargo una situación o un fenómeno reales con el objetivo de explorar con más detenimiento y sin peligro su funcionamiento. Se simulan entonces el funcionamiento de aparatos complejos, las trayectorias de proyectiles, el movimiento de los planetas, la estructura de los átomos, el balance comercial de una empresa, la rotación de un volumen, el crecimiento de una planta, etc.

Entre los numerosos programas que emplean la técnica de la simulación (con fines educativos, industriales, comerciales, científicos) destacan aquellos que son diseñados para la representación de los procesos cognitivos (aquellos que intentan simular el comportamiento inteligente). La simulación en este caso está al servicio del estudio de los procesos psicológicos, constituyendo la técnica principal de la disciplina denominada «Inteligencia Artificial».

Sintetizador de voz

Periférico que permite traducir una información dada al ordenador en voz. Para muchas personas discapacitadas representa una posibilidad única de expresarse verbalmente: introducen un mensaje escrito desde el teclado y el ordenador lo transforma en un mensaje oral

Sistemas expertos

Programas que tratan de incorporar el conocimiento de una persona experta en un dominio específico y que son capaces de actuar como ella. Contienen gran cantidad de informaciones específicas sobre el dominio en cuestión y unas reglas de inferencia que permiten tomar decisiones y resolver problemas planteados en este dominio.

«Software» (o programa o «soporte lógico»)

Es el conjunto de reglas o instrucciones que hacen funcionar de manera no ambigua el «hardware». Estas reglas tienen que estar es-

critas de tal manera que exista una correspondencia precisa entre los símbolos que expresan las instrucciones y los procesos correspondientes del «hardware». Cada ordenador tiene incorporado en el «hardware» esta correspondencia básica que permite el funcionamiento del ordenador. Es lo que se denomina «sistema operativo» o conjunto de órdenes básicas que controlan el funcionamiento del ordenador. A partir de este nivel básico, diferentes lenguajes de programación se han ideado para comunicar con mayor facilidad con la máquina, y diferentes aplicaciones que facilitan tareas determinadas como escribir, dibujar, calcular, consultar información, etc.

Telemática

Medio que surge de la integración de la informática con las posibilidades de la telecomunicación (enlaces telefónicos, televisión, etc.). El sistema telemático está integrado por un ordenador central que contiene la información (base de datos) accesible desde terminales remotos conectados a través de una red de telecomunicación. El sistema es interactivo e instantáneo: el usuario puede pedir cualquier tipo de información que recibe instantáneamente o puede intercambiar mensajes con otros usuarios (correo electrónico). La red telemática permite una serie de actividades novedosas como cursos de formación, consulta de base de datos o el teledebate.

Teletextos

Sistema similar al videotexto, pero que no requiere ningún tipo especial de conexión y que ofrece información básicamente escrita y sin posibilidad de que el usuario mande instrucciones a la base de datos central.

Tratamiento (o procesador) de texto

Programas que permiten utilizar el ordenador para llevar a cabo tareas ligadas a la producción de textos escritos. Son programas que permiten representar, manipular e imprimir signos escritos. El texto puede ser entrado fácilmente en el ordenador (y visualizado en la pantalla) a través del teclado. Un cursor indica el lugar en el que aparece lo escrito. Diferentes funciones permiten una manipulación fácil del texto: borrar cualquier porción de texto escrito, trasladar una parte de texto seleccionado e insertarlo en cualquier lugar, guardar en la memoria el texto, juntar dos textos, modificar el formato y el tamaño de las letras, cambiar los márgenes, los espacios entre las líneas, imprimir el texto, etc. A todas estas funciones se les puede añadir algunas utilidades complementarias como la corrección de la ortografía o la consulta de un diccionario.

TUTOR

Uno de los lenguajes denominados «de autor» concebidos específicamente para diseñar programas didácticos. Puede ser utilizado por los profesores para que ellos creen sus propios programas. Una de sus cualidades es la de poder crear gráficos interactivos de alta resolución.

Tutoriales (programas)

Tipo de «software» compuesto por ejercicios sobre contenidos diversos y por una serie de indicaciones que guían al alumno en la elección de las informaciones y en la corrección de sus errores. En este sentido, los programas tutoriales constituyen el ejemplo más característico de los IEAO (sistemas inteligentes de enseñanza asistida por ordenador).

Vídeodisco

Sistema capaz de almacenar de manera ordenada gran cantidad de imágenes audiovisuales y de ofrecernos un fácil acceso. La informática se combina en este caso con las imágenes y el sonido.

Vídeotexto

Sistema que nos permite un acceso a complejas bases de datos (en las que se puede encontrar almacenada información diversa tanto escrita como gráfica y audiovisual) a través del televisor o del teléfono y que permite también la transmisión de información de un usuario a otro o enviar instrucciones a la base de datos central. La transmisión de la información se hace vía cable óptico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELSON, H. y DI SESSA, A.A. (1986). *Geometría de la tortuga. El ordenador como medio de exploración de las matemáticas*. Madrid: Anaya Multimedia.
- ANDERSON-INMAN, L. (1990-91). Enabling students with learning disabilities: Insights from research. *The Computing Teacher*, Dec./Jan., pp. 26-29.
- ARLEGUI, J. (1988). Logo como lenguaje de representación y simulación en la enseñanza de la Dinámica. En M. Aguirregabiria (Ed.), *Tecnología y educación* (pp. 154-176). Madrid: Narcea.
- ARRANZ, S., MARQUÉS, P., RUIZ, J. L. y SANTIVERI, N. (1990). *Programa EXPERT*. Documentación y presentación del programa. Barcelona (documento no editado).
- AUSUBEL, D. P. (1973). Some psychological aspects of the structure of the knowledge. En S. Elam (Ed.), *Education and the structure of knowledge*. Illinois: Rand Macnally (Trad. castellana: *La educación y la estructura del conocimiento*. Buenos Aires: El Ateneo, 1973).
- BALE, J. (1989). *Didáctica de la geografía en la escuela primaria*. Madrid: Morata/MEC.
- BAROODY, A. J. (1988). *El pensamiento matemático de los niños*. Madrid: MEC/Visor.
- BASIL, C. (1990). Los alumnos con parálisis cerebral: Desarrollo y educación. En A. Marchesi, C. Coll y J. Palacios (Eds), *Desarrollo psicológico y educación, III. Necesidades educativas especiales y aprendizaje escolar* (pp. 291-311). Madrid: Alianza/Psicología.
- Barcelona i la informàtica al món educatiu* (1990). Ajuntament de Barcelona, Àrea d'Educació.
- BATTRO, A. M. (1991). LOGO, talents et handicaps. En J. L.

- Gurtner y J. Retschitzki (Eds.), *LOGO et apprentissages*. Paris: Delachaux et Niestlé.
- BATTRO, A. M. y DENHAM, P. J. (1989). *Discomunicaciones. Computación y niños sordos*. Buenos Aires: El Ateneo.
- BECKER, H. J. y STERLING, C. W. (1987). Equity in school computer use: National data and neglected considerations. *Journal of Educational Computing Research*, 3, 289-311.
- BEREITER, C. y SCARDAMALIA, M. (1987). *The psychology of written composition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- BIGGS, E. (1985). *Teaching mathematics 7-13. Slow learning and able pupils*. Windsor: NFER/Nelson.
- BLANCHET, A., THOMMEN, E. y WEISS, J. (1987). *Analyse détaillée de l'apprentissage des concepts informatiques chez l'enfant de 7 à 12 ans*. Comunicación presentada en las 9e Journées d'Education Scientifique, Chamonix, 3, 4 y 5 febrero de 1987.
- BODEN, M. (1984). *Inteligencia natural y hombre natural*. Madrid: Tecnos.
- BORK, A. (1985). *Personal computers in education*. Nueva York: Harper and Row.
- BRESSON, F. (1981). Compétence iconique et compétence linguistique. *Communications*, 32, 185-196.
- BRNA, P. (1991). Promoting creative confrontations. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 114-122.
- BROWN, J. S. y BURTON, R. R. (1978). Diagnostics models for procedural bugs in basic mathematical skills. *Cognitive Science*, 2, 155-192.
- BRUNER, J. S. (1966). On cognitive growth II. En J. S. Bruner, R. S. Olver y P. M. Greenfield (Eds.), *Studies in cognitive growth* (pp. 30-67). Nueva York: Wiley.
- BRYANT, J. y ANDERSON, D. R. (Eds.) (1983). *Children's understanding of television: Research on attention and comprehension*. Nueva York: Academic Press.
- Byte (1982, agosto). Número especial sobre LOGO.
- CABEZAS, C. (1991). *Programa d'educació en la informàtica*. Direcció de Serveis Pedagògics, IME, Ajuntament de Barcelona. Documento interno.
- CAMPBELL, D. T. y STANLEY, J. C. (1963). *Experimental and quasi experimental designs for research*. Chicago: Rand McNally.
- CAPARRÓS, A. (1980). *Los paradigmas en psicología*. Barcelona: Horsori.
- CARRETERO, M., POZO, J. I. y ASENSIO, M. (1989). *La enseñanza de las ciencias sociales*. Madrid: Aprendizaje/Visor.
- CASSIRER, E. (1944). *An essay on man: An introduction to a philosophy of human culture*. New Haven, CT: Yale University Press.
- CHEN, M. & PAISLEY, W. (Eds.). *Children and microcomputers: Research on the newest medium*. Beverly Hills, CA: Sage.

- CHI, M. T. H., GLASER, R. & FARR, M. (Eds.) (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- CLEMENTS, D. H. (1986). Effects of LOGO and CAI environments on cognition and creativity. *Journal of Educational Psychology*, 78(4), 309-318.
- CLEMENTS, D. H. (1990). Metacomponential development in a LOGO programming environment. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 141-149.
- CLEMENTS, D. H. y GULLO, D. F. (1984). Effects of computer programming on young children's cognition. *Journal of Educational Psychology*, 76(6), 1051-1058.
- CLEMENTS, D. H. y NASTASI, B. K. (1985). Effects of computer environments on social-emotional development: LOGO and CAI. *Computers in the Schools*, 2:2/3, 11-32.
- COHEN, R. (Ed.) (1987). *Les jeunes enfants, la découverte de l'écrit et l'ordinateur*. Paris: Presses Universitaires de France.
- COLL, C. (1984). Estructura grupal, interacción entre alumnos y aprendizaje escolar. *Infancia y Aprendizaje*, 27-28, 119-138.
- COLL, C. (1985). Acción, interacción y construcción del conocimiento en situaciones educativas. *Anuario de Psicología*, 33, 59-70.
- COLL, C. (1986). La construcción del conocimiento en el marco de las relaciones interpersonales y sus implicaciones para el currículo escolar. Ponencia presentada en la II European Conference on Developmental Psychology, Roma, Italia, septiembre 1986 (Editado en C. Coll (1990). *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento* (pp. 177-188. Barcelona: Paidós Educador).
- COLL, C. (1988). Significado y sentido en el aprendizaje escolar. Reflexiones en torno al concepto de aprendizaje significativo. *Infancia y Aprendizaje*, 41, 131-142.
- COLL, C. (1990). *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento*. Barcelona: Paidós Educador.
- COLL, C. (1991). *Psicología y Currículum*. Barcelona: Cuadernos de Pedagogía/Paidós.
- COLL, C. y COLOMINA, R. (1990). Interacción entre alumnos y aprendizaje escolar. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (Eds.), *Desarrollo psicológico y educación, II. Psicología de la educación* (pp. 335-352). Madrid: Alianza.
- COLL, C. y MARTÍ, E. (1990). Aprendizaje y desarrollo: La concepción genético-cognitiva del aprendizaje. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (Eds.), *Desarrollo psicológico y educación, II. Psicología de la educación* (pp. 121-139). Madrid: Alianza.
- COLLINS, A. (1986). Teaching reading and writing with personal computers. En J. Oransanu (Ed.), *A decade of reading research: Implications for practice* (pp. 171-187). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- COLLINS, A., BROWN, J. S., y NEWMAN, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing and mathematics. En L. B. RESNICK (Ed.). *Knowing, learning and instruction. Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 353-393). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- CRAHAY, M. (1987). Logo, un environnement propice à la pensée procédurale. *Revue Française de Pédagogie*, 80, 37-56.
- CUBAN, L. (1986). *Teachers and machines: The classroom use of technology since 1920*. Nueva York: Teachers College Press.
- CUMMINS, J. (1989). De la ciudad aislada a la aldea global. El microordenador como catalizador del aprendizaje cooperativo y del intercambio cultural. *Comunicación, Lengua y Educación*, 1, 57-70.
- DAIUTE, C. (1985). *Writing and computers*. Reading, Mass: Addison-Wesley.
- DAIUTE, C. (1986). Issues in using computers to socialize the writing process. *Educational Communication and Technology*, 33(1), 41-50.
- DAVIS, P. J. y HERSH, R. (1988). *Experiencia matemática*. Madrid: MEC-Labor.
- DAVIS, P. J. y HERSH, R. (1989). *El sueño de Descartes*. Madrid: MEC-Labor.
- DE CORTE, E. (1987). Acquisition and transfer of knowledge and cognitive skills. *International Journal of Educational Research*, 11, 601-712.
- DE CORTE, E. (1990). Aprender en la escuela con las nuevas tecnologías de la información: Perspectivas desde la psicología del aprendizaje y de la instrucción. *Comunicación, Lengua y Comunicación*, 6, 93-113.
- DE CORTE, E. y VERSCHAFFEL, L. (1986). Effects of computer experience on children's thinking skills. *Journal of Structural Learning*, 9, 161-174.
- DE MARCELLUS, O. (1991). *Classes pilotes d'informatique en 7ème année du Cycle d'Orientation de Genève (1988-1990)*. Centre de Recherches Psychopédagogiques, Ginebra.
- DELVAL, J. (1986). *Niños y máquinas. Los ordenadores y la educación*. Madrid: Alianza Editorial.
- DI SESSA, A. A. (1980). Computation as a physical and intellectual environment for learning physics. *Computers and Education*, 4, 67-75.
- DICKSON, W. P. (1989). ¿Software para hacer pensar? Sobre la yuxtaposición de los sistemas simbólicos. *Comunicación, Lengua y Educación*, 3-4, 23-38.
- DIONNET, S., MARTI, E., VITALE, B. y WELLS, A. (1985). Représentation et contrôle local-global du mouvement chez l'enfant dans la programmation LOGO. *Revue Française de Pédagogie*, 72, 13-23.

- DISEÑO CURRICULAR BASE. EDUCACIÓN PRIMARIA. (1989). Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- DISEÑO CURRICULAR BASE. EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA I. (1989). Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- DISEÑO CURRICULAR BASE. EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA II. (1989). Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- DISSENY CURRICULAR. ENSENYAMENT PRIMARI OBLIGATORI (1989). Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament d'Ensenyament.
- DISSENY CURRICULAR. ENSENYAMENT SECUNDARI (1989). Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament d'Ensenyament.
- DREYFUS, H. L. y DREYFUS, S. E. (1984). Putting computers in their proper place: Analysis versus intuition in the classroom. *Teachers College Records*, 85, 578-601.
- DUCHASTEL, P. (1990-91). *Instructional strategies for simulation-based learning*. *Journal of Educational Technology Systems*, 19(3), 265-276.
- DUGDALE, S. y KIBBEY, D. (1983). *Graphing equations*. Iowa City: Conduit.
- ECHEITA, G. y MARTÍN, E. (1990). Interacción social y aprendizaje. En A. Marchesi, C. Coll y J. Palacios (Eds), *Desarrollo psicológico y educación, III. Necesidades educativas especiales y aprendizaje escolar* (pp. 49-67). Madrid: Alianza/Psicología.
- EDWARDS, D. y MERCER, N. (1988). *El conocimiento compartido. El desarrollo de la comprensión en el aula*. Barcelona: Paidós/MEC (Ed. original, 1987).
- ESCOIN, J. (1990). La informàtica en la formació i la integració laboral de persones amb discapacitat física. En J. L. Rodríguez (Ed.), *Actes de les Jornades sobre informàtica i educació especial. ICE de la Universitat de Barcelona, 9 y 19 de novembre de 1989* (pp. 60-78). Barcelona: ICE de la Universitat de Barcelona.
- FERREIRO, E. y TEBEROSKY, A. (1979). *Los sistemas de escritura en el desarrollo del niño*. México: Siglo XXI.
- FONJALLAZ, J. (1984). Introduction to informatics: An educational approach to a syllabus for middle school. En J. D. Tinsley y E. D. Tagg (Eds.), *Informatics in elementary education* (pp. 145-151). North-Holland: Elsevier Science Publishers.
- FONJALLAZ, J. (1986). *Cours d'initiation informatique. Evaluation intermédiaire*. Publicación interna del Cycle d'Orientation de l'Enseignement Secondaire, Département de l'Instruction Publique, Genève.
- FORMAN, E. A. y CAZDEN, C. B. (1984). Perspectivas vygotskianas en

- la educación: El valor cognitivo de las interacciones entre iguales. *Infancia y Aprendizaje*, 27/28, 139-157.
- GAGNÉ, R. M. (1982). Developments in learning psychology: Implications for instructional design and effects of computer technology on instructional design and development. *Educational Technology*, Junio, 11-15.
- GARDNER, H. (1987). *La nueva ciencia de la mente. Historia de la revolución cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- GIBBONS, J., ANDERSON, D. R., SMITH, R., FIELD, D. E. y FISCHER, C. (1986). Young children's recall and reconstruction of audio and audiovisual narratives. *Child Development*, 57, 1014-1023.
- GICK, M. L. y HOLYOAK, K. J. (1987). The cognitive basis of knowledge transfer. En S. M. Cormier y J. D. Hagman (Eds.), *Transfer of learning: Contemporary research and applications*. Nueva York: Academic Press.
- GOLDENBERG, E. P. (1979). *Special technology for special children*. Baltimore: University Park Press.
- GOLDSTEIN, I. y PAPERT, S. (1977). Artificial intelligence, language, and the study of knowledge. *Cognitive Science*, 1, 84-123.
- GOODMAN, N. (1978). *Ways of worldmaking*. Indianapolis: Hackett.
- GORMAN, H. Jr., y BOURNE, L. E., Jr. (1987). Learning to think by learning LOGO: Rule learning in third grade computer programmers. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 21(3), 165-167.
- GREENFIELD, P. M. (1984). *El niño y los medios de comunicación. Los efectos de la televisión, videojuegos y ordenadores*. Madrid: Morata.
- GREENFIELD, P. M. (1987). Electronic technologies, education and cognitive development. En D. B. Berger, K. Pezdek y W. P. Banks (Eds.), *Applications of cognitive psychology: Problem solving, education and computing* (pp. 17-32). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- GROS, B. (1987). *Aprender mediante el ordenador. Posibilidades pedagógicas de la informática en la escuela*. Barcelona: Promociones y Publicaciones Universitarias.
- GUNTERMANN, E. y TOVAR, M. (1987). Collaborative problem-solving with LOGO: Effects of group size and group composition. *Journal of Educational Computing Research*, 3(3), 313-334.
- HAAS, C. (1989). How the writing medium shapes the writing process: Effects of word processing on planning. *Research in the Teaching of English*, 23, 181-207.
- HARLEN, W. (1989). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Morata/MEC.
- HART, A. (1986). *Knowledge acquisition for expert systems*. Londres: Kogan Page.
- HARTLEY, J. R. y SLEEMAN, D.H. (1973). Towards more intelligent

- teaching systems. *International Journal of Man-Machine Studies*, 2, 215-236.
- HAWKINS, J., SHEINGOLD, K., GEARHART, M. & BERGER, C. (1982). Microcomputers in schools: Impact on the social life of elementary classroom. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 3, 361-373.
- HOFFMAN, B., DE MARCELLUS, O., REY, F. y VITALE, B. (1987). *Tatue, le rapport élève-ordinateur. Une évaluation formative du cours d'informatique du Cycle d'Orientation*. Publication interna del Cycle d'Orientation de l'Enseignement Secondaire, Département de l'Instruction Publique, Genève.
- HOPE, M. H. (1987). *Micros for children with special needs*. Londres: Souvenir Press.
- HOWE, J. A. M. (1980). Developmental stages in learning to program. En F. Klix y J. Hoffman (Eds.), *Cognition and memory: Interdisciplinary research in human memory activities*. Amsterdam: North Holland.
- HOYLES, C. (1986). Scaling a mountain. A study of the use, discrimination and generalisation of some mathematical concepts in a LOGO environment. *European Journal of Psychology of Education*, 1(2), 111-126.
- HOYLES, C. y NOSS, R. (1987). Children working in a structured LOGO environment: From doing to understanding. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 8, No 1-2, 131-174.
- HOYLES, C. y NOSS, R. (1988). Estructurando el entorno matemático: La dialéctica proceso-contenido. En M. Aguirregabiria (Ed.), *Tecnología y Educación* (pp. 69-84). Madrid: Narcea.
- HOYLES, C. y NOSS, R. (1989). *LOGO and mathematics. Research and curriculum issues*. Cambridge, Mas.: MIT Press.
- HOYLES, C. y NOSS, R. y SUTHERLAND, R. (1989). Designing a LOGO-based microworld for ratio and proportion. *Journal of Computer Assisted Learning*, 5, 208-222.
- INFORME DE PROGRESO. FASE EXPLORATORIA. (PROYECTO ATENEA) (1989). Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- INHELDER, B. (1978). De l'approche structurale à l'approche procédurale. Introduction à l'étude des stratégies. *Actes du XXI Congrès International de Psychologie*. París: PUF.
- INHELDER, B., SINCLAIR, H. y BOVET, M. (1975). *Aprendizaje y estructuras del conocimiento*. Madrid: Morata (Ed. original, 1974).
- JOHANSON, R. P. (1988). Computers, cognition and curriculum: retrospect and prospect. *Journal of Educational and Computing Research*, 41(1), 1-30.
- JOHNSON, D. W. (1981). Student-student interaction; The neglected variable in education. *Educational Researcher*, 10, 5-10.

- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1990). *El ordenador y la mente. Introducción a la ciencia cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- JONES, C. y FORTESCUE, S. (1987). *Using computers in the language classroom*. Londres, Nueva York: Longman.
- KARMILOFF-SMITH, A. (1985). Une approche constructiviste de la modélisation du développement linguistique et cognitif. *Archives de Psychologie*, 53, 113-126.
- KAY, A. (1984). Computer software. *Scientific American*, 251 (3), 52-59.
- KEITH, G. R. y GLOVER, M. (1987). *Primary language learning with computers*. Londres: Croom Helm.
- KING, A. (1989). Verbal interaction and problem-solving within computer-assisted cooperative learning groups. *Journal of Educational Computing Research*, 5, 1-15.
- KING, D. (1986a). Los ordenadores en la educación especial y compensatoria. *Cuadernos de Pedagogía*, 138, 26-30.
- KING, D. (1986b). Programas abiertos. *Cuadernos de Pedagogía*, 135, 52-56.
- KING, D. (1990). La aplicación del software en la Educación Especial. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 5, 31-46.
- KLAHR, D. & MACCOY CARVER, S. (1988). Cognitive objectives in a LOGO debugging curriculum: Instruction, learning and transfer. *Cognitive Psychology*, 20, 362-404.
- KURLAND, D.M., PEA, R.D., CLEMENT, C. y MAWBAY, R. (1986). A study of development of programming ability and thinking skills in high school students. *Journal of Educational Computing Research*, 2(4), 429-457.
- LABORDA, J. (1986). Los programas y su metodología. En J. Laborda (Ed.), *Informática y educación: Técnicas fundamentales*. Barcelona: Laia.
- LAPOINTE, A. E., MEAD, N. A. y PHILIPS, G. V. (1989). *A world of difference*. Princeton, N.J. : Educational Testing Service (Trad. castellana: *Un mundo de diferencias*. Madrid: CIDE).
- LAWLER, R. W. (1982). Designing computer microworlds. *Byte*, 7, 138-160.
- LAWLER, R. W. (1985). *Computer experience and cognitive development. A child's learning in a computer culture*. Chichester: Ellis Horwood.
- LEHRER, R., GUCKENBERG, T. y SANCILIO, L. (1988). Influences of LOGO on children's intellectual development. En R. Mayer (Ed.), *Teaching and learning computer programming. Multiple research perspectives* (pp. 75-110). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- LEPPER, M. R. (1985). Microcomputers in education: Motivation and social issues. *American Psychologist*, 40, 1-18.
- LEPPER, M. R. y CHABAY, R. W. (1985). Intrinsic motivation and

- instruction: Conflicting views on the role of motivational processes in computer-based education. *Educational Psychologist*, 20, 217-230.
- LEPPER, M. R. y CHABAY, R. W. (1988). Socializing the intelligent tutor: bringing empathy to computer tutors. En H. Mandl y M. Lesgold (Eds.), *Learning issues for intelligent tutoring systems*. Chicago: Springer-Verlag.
- LEPPER, M. R. y GURTNER, L-C. (1989). Children and computers. Approaching the twenty-first century. *American Psychologist*, 44, 170-178.
- LERON, U. (1985). Some thoughts on Logo 85. *Logo85: Theoretical Papers*, N. 1, 45-53.
- LERON, U. y ZAZKIS, R. (1986). Mathematical induction and computational recursion. *For the learning of mathematics*, 6, 25-28.
- LIBORI, A. (1989). El niño como protagonista. *Actas del Simposio Internacional de Educación e Informática*, Madrid (pp. 125-128). Madrid: Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad Autónoma de Madrid.
- LINN, M. (1985). The cognitive consequences of programming instruction in classrooms. *Educational Researcher*, 14(5), 14-16 y 25-29.
- LITTLEFIELD, J., DELCLOS, V. R., LEVER, S., CLAYTON, K. N., BRANSFORD, J. D. y FRANKS, J. J. (1988). Learning LOGO: Method of teaching, transfer of general skills, and attitudes toward school and computers. En R. Mayer (Ed.), *Teaching and learning computer programming. Multiple research perspectives* (pp. 259-297). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- MACCOY CARVER, S. (1988). Learning and transfer of debugging skills: Applying task analysis to curriculum design and assessment. En R. Mayer (Ed.), *Teaching and learning computer programming. Multiple research perspectives* (pp. 259-297). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- MACKETHEN, K. B., REITMAN, J. S., RUETER, H. H., y HIRTLE, S. C. (1981). Knowledge organization and skills differences in computer programmers. *Cognitive Psychology*, 13(3), 307-325.
- MACKENZIE, B. D. (1977). *El behaviorismo y los límites del método científico*. Bilbao: Desclee de Brouwer.
- MARCHESI, A. y MARTÍN, E. (1990). Del lenguaje del trastorno a las necesidades educativas especiales. En A. Marchesi, C. Coll y J. Palacios (Eds.), *Desarrollo psicológico y educación, III. Necesidades educativas especiales y aprendizaje escolar* (pp. 15-33). Madrid: Alianza/Psicología.
- MARTÍ, E. (1984). El ordenador como metáfora. Las posibilidades educativas de LOGO. *Infancia y Aprendizaje*, 26, 47-64.

- MARTÍ, E. (1988). Análisis psico-cognitivo de las actividades con ordenadores. En M. Aguirregabiria (Ed.), *Tecnología y Educación* (pp. 85-93). Madrid: Narcea.
- MARTÍ, E. (1990). Resolución de problemas en la interacción con el ordenador. En C. Monereo (Ed.), *Enseñar a aprender y a pensar en la escuela*. (Monografía de Infancia y Aprendizaje), pp. 47-66.
- MARTÍ, E. (1991a). Aprender matemáticas con ordenadores. *Comunicación, Lenguaje y Comunicación*.
- MARTÍ, E. (1991b). *Psicología evolutiva. Teorías y ámbitos de investigación*. Barcelona: Anthropos.
- MARTÍ, E. y MAYER, E. (1990). La composition des différences. En J. Piaget, G. Henriques y E. Ascher (Eds.), *Morphismes et catégories. Comparer et transformer* (pp. 71-86). Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- MARTÍN, E. (1990). Paràlisi cerebral, informàtica i escola. En J. L. Rodríguez (Ed.), *Actes de les Jornades sobre informàtica i educació especial*. ICE de la Universidad de Barcelona, 9 y 19 de noviembre de 1989 (pp. 48-59). Barcelona: ICE de la Universidad de Barcelona.
- MARTÍN, E. y MARCHESI, A. (1990). Desarrollo metacognitivo y problemas de aprendizaje. En A. Marchesi, C. Coll y J. Palacios (Eds), *Desarrollo psicológico y educación, III. Necesidades educativas especiales y aprendizaje escolar* (pp. 35-47). Madrid: Alianza/Psicología.
- MARTÍN, M. D. (1986). Tratamiento de textos. En J. Laborda (Ed.), *Informática y educación: Técnicas fundamentales*. Barcelona: Laia.
- MAYER, R. (Ed.) (1988). *Teaching and learning computer programming. Multiple research perspectives*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- MENDELSON, P. (1985). L'analyse psychologique des activités de programmation chez l'enfant de CM1 et CM2. *Enfance*, No 2-3, 213-221.
- MENDELSON, P. (1986). Activation de schèmes de programmation et mémorisation de figures géométriques. *Journal Européen de Psychologie de l'Education*, 2, 127-138.
- MENDELSON, P. (1988). Les activités de programmation chez l'enfant: le point de vue de la psychologie cognitive. *Technique et Science Informatiques*, 7, 47-58.
- MENDELSON, P. (1991). LOGO: Qu'est-ce qui se développe? En J. L. Gurtner y J. Retschitzki (Eds), *LOGO et apprentissages* (pp. 50-60). Paris: Delachaux et Niestlé.
- MERINGOFF, L. (1980). A story, a story: The influence of the medium on children's apprehension of stories. *Journal of Educational Psychology*, 72, 240-249.
- MICHAYLUK, J. O. y SAKLOFSKE, D. H. (1988). LOGO and special education. *Canadian Journal of Special Education*, 4, 43-48.

- MINSKY, M. L. y PAPERT, S. (1973). *Artificial intelligence*. Eugene, Oregon: Condon Lecture Publications.
- MORAL, J. (1990). El software educativo y el laboratorio de lengua. *Comunicación, Lengua y Educación*, 5, 47-56.
- NEWELL, A. y SIMON, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- NIEMIEC, R. y WALBERG, H. J. (1987). Comparative effects of computer-assisted instruction: A synthesis of reviews. *Journal of Educational Computing Research*, 3, 19-37.
- NISBET, J. y SHUCKSMITH, J. (1987). *Estrategias de aprendizaje*. Madrid: Santillana, Aula XXI.
- NOSS, R. (1986). Constructing a conceptual framework for elementary algebra through LOGO programming. *Educational Studies in Mathematics*, 17, 4.
- NOSS, R. y HOYLES, C. (1988). The computer as a mediating influence in the development of pupils' conception of variable. *European Journal of Psychology of Education*, 3, 271-286.
- OLSON, D. R. (1974). *Media and symbols: The forms of expression, communication and education*. Chicago: The University of Chicago Press.
- OLSON, D. R. (1976). Culture, technology and intellect. En L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- OLSON, D. R. (1977). From utterance to text: The bias of language in speech and learning. *Harvard Educational Review*, 47, 257-281.
- PALUMBO, D. B. (1990). Programming language/problem-solving research: A review of relevant issues. *Review of Educational Research*, 60, 65-89.
- PAPERT, S. (1981). *Desafío a la mente. Computadoras y educación*. Buenos Aires: Galápagos.
- PAPERT, S. (1983). Enseñar a los niños a ser matemáticos versus enseñar matemáticas a los niños. En C. Coll (Ed.), *Psicología genética y aprendizajes escolares* (pp. 129-148). Siglo XXI: Madrid.
- PAPERT, S. (1987). Information technology and education. Computer criticism vs technocentric thinking. *Educational Researcher*, 16(1), 22-30 (recoge el texto aparecido en 1985 en Logo85: Theoretical papers. Cambridge, Mas: M. I. T, pp. 53-67).
- PAPERT, S., ABELSON, H., BAMBERGER, J., DI SESSA, A., WEIR, S. y WATT, D. (1978). *Interim Report of the LOGO project in the Brookline Public schools: An assessment and documentation of a children's computer laboratory*. LOGO Memo, No. 49, Massachusetts Institute of Technology.
- PAPERT, S., WATT, D., DI SESSA, A. y WEIR, S. (1979). An assessment and documentation of a children's computer laboratory. *Final Report of the Brookline Logo Project*, Brookline, MA.

- PEA, R. (1985). Beyond amplification: Using the computer to reorganize mental functioning. *Educational Psychologist*, 20, 167-182.
- PEA, R. (1987). Cognitive technologies for mathematics education. En A. Schoenfeld (Ed.), *Cognitive science and mathematics education* (pp. 89-122). Hillsdale, NJ.: Erlbaum.
- PEA, R. y KURLAND, M. (1984a). *LOGO programming and the development of planning skills*. Technical Report No. 16. Nueva York: Center for children and technology, Bank Street College of Education.
- PEA, R. y KURLAND, M. (1984b). On the cognitive effects of learning computer programming. *New Ideas in Psychology*, 2(2), 137-168.
- PEA, R., KURLAND, M. y HAWKINS, J. (1985). LOGO and the development of thinking skills. En M. Chen y W. Paisley (Eds.), *Children and computers: Research on the newest medium*. Londres: Sage.
- PEACOCK, M. (1988). Handwriting versus wordprocessed print: an investigation into teachers' grading of English language and literature essay work at 16+'. *Journal of Computer Assisted Learning*, 4(3), 162-172.
- PERKINS, D. N. y SALOMON, G. (1989). Are cognitive skills context-bound? *Educational Researcher*, 18(1), 16-25.
- PIAGET, J. (1970a). *La epistemología genética*. Barcelona: A. Redondo (Ed. original, 1970).
- PIAGET, J. (1970b). Piaget's theory. En P. H. Mussen (Ed.), *Charmichael's manual of child psychology*. Nueva York: Wiley (Traducción castellana en *Infancia y Aprendizaje*, 1981, 2, 13-54).
- PIAGET, J. (1975). *Introducción a la epistemología genética*. 1. El pensamiento matemático. 2. El pensamiento físico. 3. El pensamiento biológico, el pensamiento psicológico y el pensamiento sociológico. Buenos Aires: Paidós (versión original, 1950).
- PIAGET, J. y Colaboradores (1982). *Las formas elementales de la dialéctica*. Barcelona: Gedisa. (Ed. original, 1980).
- PIAGET, J. e INHELDER, B. (1955). *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. París: Presses Universitaires de France.
- PIAGET, J., SINCLAIR, H. y VINH BANG (1971). *Epistemología y psicología de la identidad*. Buenos Aires: Paidós.
- P. I. E. 5 anys. (1991). Publicación del Programa de Informática Educativa. Departament d'Ensenyament, Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- PIROLLI, P. L. y ANDERSON, J. R. (1985). The role of learning from examples in the acquisition of recursive programming skills. *Canadian Journal of Psychology*, 39(2), 240-272.
- PLAN DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA Y DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO (1989). Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.

- PONTECORVO, C. y ZUCCHERMAGLIO, C. (1991). Computer use in learning about language. *European Journal of Psychology of Education*, vol. 6, n. 1, 15-27.
- POZO, J. I. (1987). *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Aprendizaje/Visor.
- POZO, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- POZO, J. I., y CARRETERO, M. (1987). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas. ¿Qué cambia en la enseñanza de las ciencias? *Infancia y Aprendizaje*, 38, 35-52.
- PRESSLEY, M. (1977). Imagery and children's learning: Putting the picture in developmental perspective. *Review of Educational Research*, 47, 585-622.
- PROYECTO ATENEA. INFORME DE EVALUACIÓN. OCDE. (1991). Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- QUINTANA, J. y VIVANCOS, J. (1989). *Informàtica i ciències socials*. Documento interno, Programa d'Informàtica Educativa de la Generalitat de Catalunya.
- REGGINI, H. (1982). *Alas para la mente. LOGO: un lenguaje de computadoras y un estilo de pensar*. Buenos Aires: Galápagos.
- RESNICK, L. B. (Ed.). (1989). *Knowing, learning and instruction. Essays in honor of Robert Glaser*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- RIEL, M. (1985). The computer chronicles newswire: A functional learning environment for acquiring literacy skills. *Journal of Educational Computing Research*, 1, 317-337.
- RIVIERE, A. (1990a). El desarrollo y la educación del niño autista. En A. Marchesi, C. Coll y J. Palacios (Eds), *Desarrollo psicológico y educación, III. Necesidades educativas especiales y aprendizaje escolar* (pp. 313-333). Madrid: Alianza/Psicología.
- RIVIERE, A. (1990b). Problemas y dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: Una perspectiva cognitiva. En A. Marchesi, C. Coll y J. Palacios (Eds.), *Desarrollo psicológico y educación, III. Necesidades educativas especiales y aprendizaje escolar* (pp. 155-182). Madrid: Alianza Psicología.
- ROANES, E. y ROANES, E. (1988). *Maco. Matemáticas con ordenador*. Madrid: Síntesis.
- RODRÍGUEZ-ROSELLÓ, L. (1986). *LOGO: De la tortuga a la inteligencia artificial*. Madrid: Vector.
- RODRÍGUEZ, J. L. y LEÓN, M. (1990). La producció de software en educació especial: estudi d'un cas. En J. L. Rodríguez (Ed.), *Actes de les Jornades sobre informàtica i educació especial. ICE de la Universitat de Barcelona, 9 y 19 de novembre de 1989* (pp. 79-99). Barcelona: ICE de la Universitat de Barcelona.
- ROGALSKI, J. (1987). Acquisition et didactique des structures conditionnelles en programmation informatique. *Psychologie Française*, 32, 275-280.

- ROGALSKI, J. y SAMURÇAY, R. (1986). Les problèmes cognitifs rencontrés par des élèves de l'enseignement secondaire dans l'apprentissage de l'informatique. *European Journal of Psychology of Education*, 1(2), 97-110.
- ROGOFF, B. y GARDNER, W. (1984). Adult guidance of cognitive development. En B. Rogoff y J. Lave (Eds.), *Everyday cognition. Its development in social context* (pp. 95-116). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- ROSA, A. y MOLL, L. (1985). Computadores, comunicación y educación. Una colaboración internacional en la intervención e investigación educativa. *Infancia y Aprendizaje*, 30, 1-17.
- ROSS, P. (1987). Intelligent tutoring systems. *Journal of Computer Assisted Instruction*, 3, 194-203.
- ROUCHIER, A. (1987). L'écriture et l'interprétation de procédures récursives en LOGO. *Psychologie Française*, 32, 281-285.
- SALOMON, G. (1979). *Interaction of media, cognition and learning*. San Francisco: Jossey-Bass.
- SALOMON, G. (1981). La fonction crée l'organe. Formes de représentation des médias de développement cognitif. *Communications*, 33, 75-101.
- SALOMON, G. (1985). Information technologies: What you see is not (always) what you get. *Educational Psychologist*, 20, 207-216.
- SALOMON, G. (1989). The computer as a zone of proximal development: Internalizing reading-related metacognitions from reading partner. *Journal of Educational Psychology*, 81, No 4, 620-627.
- SALOMON, G. y COHEN, A. A. (1977). Television formats, mastery of mental skills and the acquisition of knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 69, 612-619.
- SALOMON, G. y GARDNER, H. (1986). The computer as educator: Lessons from television research. *Educational Researcher*, 15, 13-19.
- SALOMON, G., GLOBERSON, T., y GUTERMAN, E. (1989). The computer as a zone of proximal development: Internalizing reading related metacognition from a Reading Partner. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 620-627.
- SALOMON, G. y LEIGH, T. (1984). Predispositions about learning from print and television. *Journal of Communication*, 34, 119-135.
- SALOMON, G. y PERKINS, D.N. (1989). Rocky roads to transfer: Rethinking mechanisms of a neglected phenomenon. *Educational Psychologist*, 24, 113-142.
- SAMURÇAY, R. (1987). Plans et schémas de programme. *Psychologie Française*, 32, 261-266.
- SCARDAMALIA, M., BEREITER, C., McLEAN, R. S., SWALLOW, J., y WOODRUFF, E. (1989). Computer-supported intentional learning environments. *Journal of Educational Computing Research*, 5, 51-68.

- SCHANK, R. C. (1986). *El ordenador inteligente*. Barcelona: Antoni Bosch.
- SCRIBNER, S. y COLE, M. (1982). Consecuencias cognitivas de la educación formal e informal. *Infancia y Aprendizaje*, 17, 3-18.
- SIMON, H. A. y HAYES, J. R. (1976). The understanding process: Problem isomorphs. *Cognitive Psychology*, 8, 165-190.
- SEWELL, D. F. (1990). *New tools for new minds. A cognitive perspective on the use of computers with young children*. Hemel Hempstead: Harvester Wheatsheaf.
- SINCLAIR, H., BERTHOUD, I., GERARD, J., y VENEZIANO, E. (1985). Constructivisme et psychologie génétique. *Archives de Psychologie*, 53, 37-60.
- SKINNER, B. F. (1970). *Tecnología de la enseñanza*. Barcelona: Labor (Ed. original, 1968).
- SNOW, R. (1986) Individual differences and the design of educational programs. *American Psychologist*, 41, 1029-1039.
- SOLÉ, I. (1987). Las posibilidades de un modelo teórico para la enseñanza de la comprensión lectora. *Infancia y Aprendizaje*, 39-40, 1-13.
- SOLOMON, C. (1987). *Entornos de aprendizaje con ordenadores. Una reflexión sobre las teorías del aprendizaje y la educación*. Barcelona: Paidós/MEC.
- SOLOWAY, E., EHRLICH, K., BONAR, J. y GREENSPAN, J. (1982). What do novices know about programming?. En A. Badre y B. Schneiderman (Eds.), *Directions in human computer interaction*. Norwood, NJ: Ablex.
- SPOHRER, J. G. y SOLOWAY, E. (1986). Analyzing the high frequency bugs in novice programs. En E. Soloway y S. Iyengar (Eds.), *Empirical studies of programmers* (pp. 230-251). Norwood, NJ: Ablex.
- SUPPES, P. (1966). The uses of computers in education. *Scientific American*, 215, 206-221.
- SUTHERLAND, R. (1989). ¿Cuáles son las conexiones entre las variables en LOGO y las variables en álgebra? *Comunicación, Lenguaje y Comunicación*, 1, 103-120.
- SWAN, K. (1989). LOGO programming and the teaching and learning of problem solving. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1(1), 73-92.
- TAYLOR, R.P. (Ed.). (1980). *The computer in the school: Tutor, tool, tutee*. Nueva York: Teachers College Press.
- TEBEROSKY, A. (1990). Lenguaje escrito, alfabetización y estrategias de aprendizaje. En C. Monereo (Ed.), *Enseñar a aprender y a pensar en la escuela*. (Monografía de Infancia y Aprendizaje), pp. 17-30.
- TERRASA, I. (1990). La informàtica i l'educació del deficient visual.

- En J. L. Rodríguez (Ed.), *Actes de les Jornades sobre informàtica i educació especial*. ICE de la Universitat de Barcelona, 9 y 19 de novembre de 1989 (pp. 41-47). Barcelona: ICE de la Universitat de Barcelona.
- TURKLE, S. (1984). *The second self: Computers and the human spirit*. Nueva York: Simon & Schuster.
- TWIGGER, D., BYARD, M., DRAPER, S., DRIVER, R., HARTLEY, R., HENNESSY, S., MALLIN, C., MOHAMED, R., O'MALLEY, C., O'SHEA, T. y SCANLON, E. (1991). The «conceptual change in science» project. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 144-155.
- VEGA de, M. (1982). La metáfora del ordenador: implicaciones y límites. En I. Delclaux y J. Seoane (Eds.), *Psicología cognitiva y procesamiento de la información*. Madrid: Pirámide.
- VERSCHAFFEL, L., DE CORTE, E. y SCHROOTEN, H. (1991). *Apprendre à programmer et apprendre à résoudre les problèmes*. En J. L. Gurtner y J. Retschitzki (Eds.), *LOGO et apprentissages* (pp. 29-37). Paris: Delachaux et Niestlé.
- VITALI, B. (1989). Elusive recursion; A trip in recursive land. *New Ideas in Psychology*, Vol. 7, No 3, 253-276.
- VITALE, B. (1990a). *L'intégration de l'informatique à la pratique pédagogique, 1. Considérations générales pour une approche transdisciplinaire*. Documento interno publicado por el Centre de Recherches Psychopédagogiques, Ginebra.
- VITALE, B. (1990b). A psychological approach to the teaching of a programming language in secondary schools. *Infancia y Aprendizaje*, 50, 63-71.
- VITALE, B. (1991a). Dix thèses sur l'intégration de l'informatique à la pratique pédagogique. En J. L. Gurtner y J. Retschitzki (Eds.), *LOGO et apprentissages* (pp. 241-250). Paris: Delachaux et Niestlé.
- VITALE, B. (1991b). *L'intégration de l'informatique à la pratique pédagogique*. Vol 2, cuaderno 3. Documento interno publicado por el Centre de Recherches Psychopédagogiques, Ginebra.
- VYGOTSKY, L. S. (1973). Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar. En A. R. Luria, A. A. Leontiev y L. S. Vygotsky (Eds.), *Psicología y pedagogía*. Madrid: Akal (artículo escrito en 1934).
- VYGOTSKY, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Editorial Crítica.
- WATT, D. y WEIR, S. (1981). LOGO: A computer environment for learning disabled students. *The computer Teacher*, 5(8), 17-22.
- WEBB, N. M. (1984). Microcomputers learning in small groups: Cognitive requirements and group processes. *Journal of Educational Psychology*, 76, 1076-1088.
- WEBB, N. M. (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research*, 13, 21-39.

- WEIR, S. (1981). LOGO and the exceptional child. *Microcomputing*, Septiembre, 76-83.
- WEIR, S. (1987). *Cultivating minds: A LOGO casebook*. Nueva York: Harper & Row.
- WEIZENBAUM, J. (1976). *Computers power and human reason: From judgement to calculation*. San Francisco: Freeman.
- WELLS, G. (1988). *Aprender a leer y a escribir*. Barcelona: Laia, Cuadernos de Pedagogía.
- WERTSCH, J. V. (1979). From social interaction to higher psychological process: A clarification and application of Vygotsky's theory. *Human Development*, 22, 1-22.
- WOOD, D. J. (1980). Teaching the young children: Some relationships between social interaction, language and thought. En D. R. Olson (Ed.), *The social foundations of language and thoughts* (pp. 280-296). Nueva York: Norton.
- WOOD, D. J., BRUNER, J. S., y ROSS, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100.
- YELA, M. (1980). La evolución del conductismo. *Análisis y modificación de conducta*, 6(11-12), 179-197.
- ZELLMAYER, M., SALOMON, G., GLOBERSON, T. y GIVON, H. (en prensa). Enhancing writing-related metacognitions through a computerized writing-partner. *American Educational Researcher Journal*.

EDUARDO MARTÍ es Doctor en Psicología de la Universidad de Ginebra. Ha sido colaborador de Jean Piaget en el Centro Internacional de Epistemología Genética (Ginebra) y en la actualidad es Profesor de Psicología Evolutiva en la Universidad de Barcelona.



Los ordenadores, tras irrumpir masivamente en nuestro entorno, se van introduciendo paulatinamente en las escuelas. Es innegable que constituyen un instrumento con un gran potencial para el aprendizaje. Pero las repercusiones que tienen sobre la conducta de los alumnos y sobre la práctica educativa se empiezan a conocer sólo desde hace muy pocos años.

APRENDER CON ORDENADORES EN LA ESCUELA presenta un panorama exhaustivo de lo que actualmente se conoce acerca del impacto de los ordenadores sobre la conducta humana, especialmente sobre los aprendizajes escolares.

Muestra que los ordenadores pueden constituir instrumentos de aprendizaje muy novedosos.

Señala la manera más adecuada de incorporar los ordenadores en la práctica educativa.

Ilustra, con múltiples ejemplos, cómo se pueden utilizar los ordenadores en la enseñanza de las matemáticas, de la lectura, de la escritura, de las ciencias y como soporte para la educación especial.

CUADERNOS DE EDUCACIÓN quiere contribuir al proceso de reflexión y debate sobre la educación escolar poniendo al alcance de todos los profesionales, y muy especialmente de los profesores/as, los trabajos que, por la novedad de sus propuestas, el rigor de su formulación y la pertinencia de su temática, pueden ser utilizados como instrumentos de cambio y de innovación educativa. La colección está abierta a todas las áreas y niveles de la educación escolar y pretende situarse en ese espacio intermedio entre la reflexión y la acción -entre lo que se hace o se propone hacer en el aula y el cuestionamiento del por qué, para qué y cómo se hace o se propone hacer- que constituye, sin lugar a dudas, un eslabón decisivo en la formación inicial y permanente del profesorado.